

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

Khi tín hiệu vệ tinh GPS truyền qua một vùng nhiễu loạn mật độ điện tử trong tầng điện ly có thể chịu một sự dao động nhanh về biên độ và pha của tín hiệu, hiện tượng này được gọi là nhấp nháy điện ly. Nhấp nháy thường gây ra sự suy giảm tín hiệu thu nhận, và đôi khi gây ra hiện tượng mất tín hiệu, trượt vòng pha... Công nghệ GPS phát triển đã cung cấp một cách đơn giản và hữu hiệu để nghiên cứu các biến đổi về không gian và thời gian của nhiễu loạn điện ly gây ra nhấp nháy trên tín hiệu radio. Trong chương này, chúng tôi sẽ giới thiệu một số đặc trưng xuất hiện nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam, sử dụng dao động pha tín hiệu GPS chỉ ra hoạt động nhiễu loạn điện ly trong khu vực 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

Thiết bị theo dõi nhấp nháy điện ly (ISM – Ionospheric Scintillation Monitor) hiện nay chủ yếu là máy thu GPS một tần số hoặc hai tần số được chế tạo đặc biệt để thăm dò các mức nhấp nháy điện ly trong thời gian thực. Thiết bị ISM có vòng lặp tự hiệu chỉnh dải rộng để duy trì trạng thái hoạt động lâu hơn trong khoảng thời gian có xuất hiện nhấp nháy điện ly mạnh và có tốc độ chuẩn là 50 Hz để tính giá trị biên độ nhấp nháy S_4 và pha nhấp nháy Φ . Mục đích chính của máy ISM là thu thập các thông số nhấp nháy điện ly (S_4 và Φ) đối với tất cả các vệ tinh GPS nhìn thấy và được lưu trữ dưới dạng tệp nhị phân trong ổ cứng máy thu để tiến hành xử lý. Phần mềm điều khiển của ISM có thể được lập để thu thập số liệu nhị phân và cung cấp số liệu đầu ra ở tất cả các thời điểm quan sát. 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. Do đó các thông tin về nhấp nháy được cung cấp từ số liệu đầu ra của phần mềm.

4.1.2 Phương pháp nghiên cứu

Có nhiều cách để đánh giá cường độ nhấp nháy điện ly, nhưng đại lượng thường được dùng nhất là chỉ số biên độ nhấp nháy điện ly (S_4) và chỉ số pha nhấp nháy điện ly (Φ). Đã có một số công trình nghiên cứu chỉ ra tính rủi ro khi dùng chỉ số nhấp nháy pha để nghiên cứu nhấp nháy [27, 43] do chỉ số này bị tác động nhiều bởi các yếu tố đa đường truyền, nhiễu pha máy thu, trượt vòng dưới điều kiện nhấp nháy, độ trải rộng pha do trôi dạt Doppler... Bởi vậy, chỉ số nhấp nháy biên độ thường được các tác giả sử dụng nghiên cứu hơn là chỉ số nhấp nháy pha. Do vậy trong khuôn khổ luận án, chúng tôi lựa chọn tham số biên độ nhấp nháy để nghiên cứu đặc trưng xuất hiện nhấp nháy cho khu vực Việt Nam.

Phương pháp tính biên độ nhấp nháy cũng đã được đề cập bởi các tác giả trên thế giới [41, 42, 93, 94, 95], được rút ra từ cường độ của tín hiệu thu nhận từ vệ tinh. Chỉ số nhấp nháy biên độ thường được tính trong khoảng thời gian 60 giây và đo đạc tại dải tần số L được xác định theo công thức sau [41]:

$$S_{4T} = \sqrt{\frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2}} \quad (4.1)$$

trong đó S_{4T} là biên độ nhấp nháy tổng, I là cường độ tín hiệu vệ tinh và $\langle I \rangle$ là giá trị cường độ trung bình trong khoảng thời gian 60 giây.

Biên độ nhấp nháy xác định được trong phương trình (4.1) còn bao hàm cả giá trị gây bởi nhiễu môi trường xung quanh cần phải được loại bỏ. Nhiễu trong phương trình (4.1) có thể loại bỏ bằng cách đánh giá tỷ số tín hiệu/nhiễu (C/N_0) trung bình trong khoảng thời gian 60 giây. Nếu tỷ số tín hiệu/nhiễu đã biết thì yếu tố nhấp nháy cho là gây bởi nhiễu được xác định như sau [41]:

$$S_{4N_0} = \sqrt{\frac{100}{C/N_0} \left[1 - \frac{500}{19C/N_0} \right]} \quad (4.2)$$

trong đó C/N_0 là tỷ số tín hiệu/nhiễu trung bình trong khoảng thời gian 60 giây và S_{4N_0} là biên độ nhấp nháy do nhiễu xung quanh gây ra.

Lấy giá trị biên độ nhấp nháy tổng trong phương trình (4.1) trừ đi biên độ nhấp nháy do nhiễu trong phương trình (4.2) ta sẽ thu được biên độ nhấp nháy được cho là gây bởi tầng điện ly như sau:

$$S_4 = \sqrt{S_{4T}^2 - S_{4No}^2} = \sqrt{\frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} - \frac{100}{C/N_0} \left[1 - \frac{500}{19C/N_0} \right]} \quad (4.3)$$

Biên độ nhấp nháy S_4 là một đại lượng không thứ nguyên và cũng được đánh giá trong khoảng thời gian 60 giây. Người ta thường phân chỉ số này thành 3 mức đó là mạnh, trung bình và yếu. Nhấp nháy mạnh được xem là xuất hiện khi chỉ số $S_4 \geq 0,6$ và liên quan đến sự tán xạ mạnh của tín hiệu khi truyền qua tầng điện ly. Dưới mức này thì được cho là nhấp nháy trung bình và yếu. Về lý thuyết với mức nhấp nháy có biên độ $S_4 < 0,3$ thì gần như không có ảnh hưởng đáng kể lên tín hiệu vệ tinh GPS.

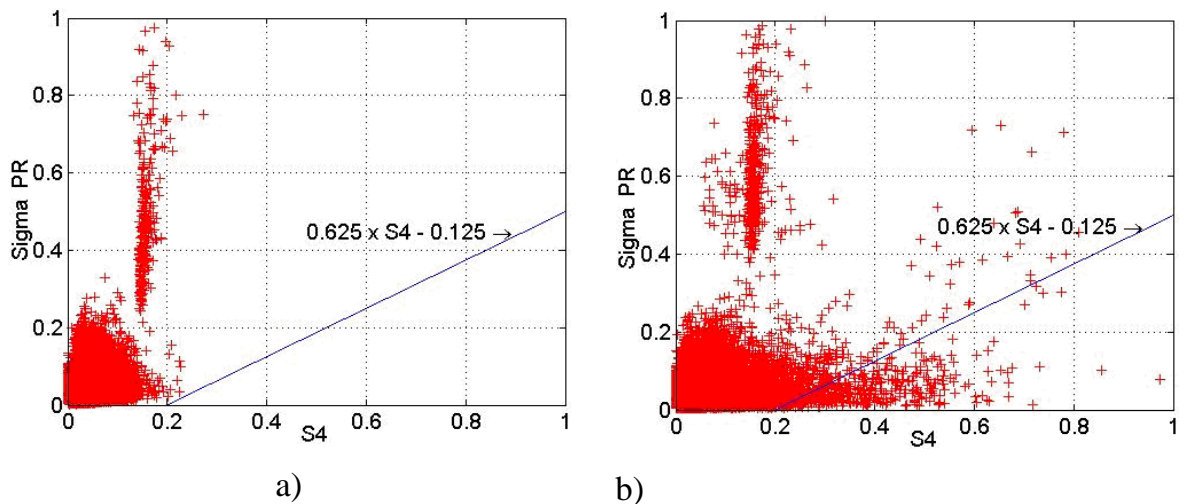
Cũng cần phải nói thêm rằng ngoài yếu tố gây bởi nhiễu ảnh hưởng đến giá trị biên độ nhấp nháy còn có các yếu tố khác ảnh hưởng đến giá trị biên độ này như: ảnh hưởng của tầng khí quyển, tán xạ của hơi nước và đặc biệt là hiệu ứng đa đường truyền. Các yếu tố ảnh hưởng này thường gia tăng tại các góc nhìn vệ tinh bé, vì vậy chúng tôi giới hạn góc nhìn lớn hơn 20^0 trong chương trình tính cho tất cả các vệ tinh nhìn thấy. 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. Trong thực tế giới hạn góc nhìn này không thể loại bỏ hết được yếu tố đa đường truyền mà yếu tố đa đường truyền lại đóng vai trò đáng kể trong giá trị biên độ nhấp nháy tính được. Bản thân vấn đề đa đường truyền đã là một vấn đề nghiên cứu phức tạp, phụ thuộc rất nhiều vào yếu tố môi trường nơi đặt máy thu. Do vậy, 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]:

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

trong đó S_4 là biên độ nhấp nháy tính được từ công thức (4.3), σ_{min} là giới hạn phân tách giữa nhấp nháy điện ly và nhấp nháy gây bởi tín hiệu đa đường truyền. Giới hạn lọc này được minh họa trên hình 4.1.

Tham số độ lệch chuẩn của độ lệch code/carrier (σ_{ccd}) đặc trưng cho mức độ xuất hiện tín hiệu đa đường truyền cũng được máy thu GSV4004 thu thập. Các giá

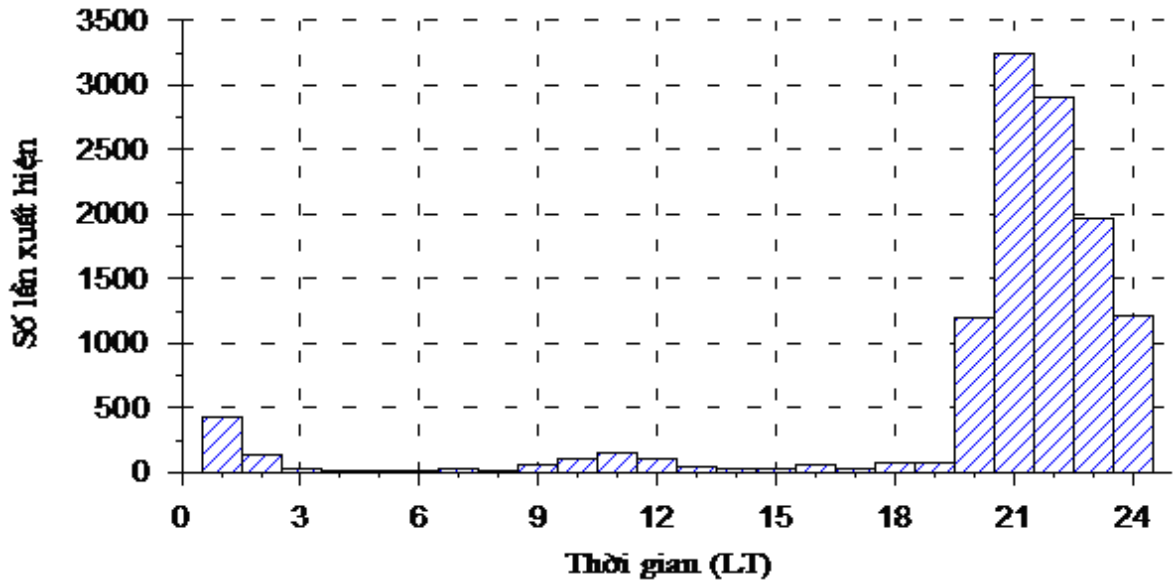
trị S_4 thu được ứng với tín hiệu có $\sigma_{ccd} \leq \sigma_{min}$ được cho là biên độ nhấp nháy điện ly còn ngược lại là bị gây bởi các tín hiệu đa đường truyền cần được loại bỏ. Như ở hình 4.1, những giá trị S_4 nằm phía dưới đường giới hạn thì được cho là biên độ nhấp nháy, những giá trị nằm phía trên đường này sẽ do tín hiệu đa đường truyền gây ra và bị loại bỏ trong chương trình tính. Việc sử dụng phép lọc này sẽ loại bỏ tất cả các giá trị nhấp nháy yếu có biên độ $S_4 < 0,2$, do đó đối với các nhấp nháy yếu gây bởi tầng điện ly cũng bị loại bỏ theo giới hạn này. Xét về khía cạnh truyền sóng radio thì việc bỏ qua các nhấp nháy điện ly biên độ yếu sẽ không ảnh hưởng đến kết quả nghiên cứu do các nhấp nháy điện ly yếu có biên độ nhỏ hơn 0,2 thường không có ảnh hưởng đáng kể nào lên việc truyền tín hiệu vệ tinh GPS.



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

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

Áp dụng phương pháp nghiên cứu nhấp nháy ở trên, chúng tôi tiến hành tính toán và nghiên cứu thống kê sự xuất hiện nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam. 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° 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.

Để lý giải cho hiện tượng quan sát thấy ở trên, chúng ta sẽ tìm hiểu về quá trình vật lý phát sinh nhấp nháy điện ly trong vùng xích đạo như sau: Vào thời gian sau khi Mặt Trời lặn, mật độ plasma và động học điện trường trong vùng E giảm, đồng thời đỉnh dị thường điện ly mất dần, trong khi đó tại thời gian này động học điện trường bắt đầu phát triển trong vùng F. Dưới tác dụng của thành phần điện trường hướng đông tăng lên bất thường trước khi đảo chiều đổi sang hướng tây (PRE), lớp F khu vực xích đạo từ được nâng lên độ cao lớn hơn nơi có mật độ plasma thấp và sự va chạm plasma hiếm xảy ra. Vùng gradient nồng độ điện tử dương tính của đáy lớp F tăng lên nhanh chóng làm cho vùng điện ly trở nên mất ổn định và hỗn loạn dẫn tới sự tăng trưởng bong plasma. Trạng thái này gọi là trạng thái bất ổn định Rayleigh-Taylor và là nguyên nhân phát sinh các dị thường mật độ trong tầng điện ly vùng xích đạo. Sự phát triển không tuyến tính của các bất ổn định này dẫn đến sự hình thành các vùng suy giảm điện ly lớn, hiện tượng này thường quan sát thấy trong vùng điện ly xích đạo và gọi là bong plasma (plasma bubble) [23, 34, 73]. Bằng các kỹ thuật khác nhau người ta quan trắc thấy kích thước nhiễu loạn có thể từ hàng chục centimét tới hàng trăm kilômét. Các gradient trên các gờ suy giảm mật độ phát sinh các nhiễu loạn tỷ lệ nhỏ, đây chính là nguyên nhân gây

ra các nhấp nháy biên độ trên tín hiệu vệ tinh truyền trong vùng xích đạo vào thời gian ban đêm và ghi nhận được trên máy thu GPS như được chỉ ra ở trên.

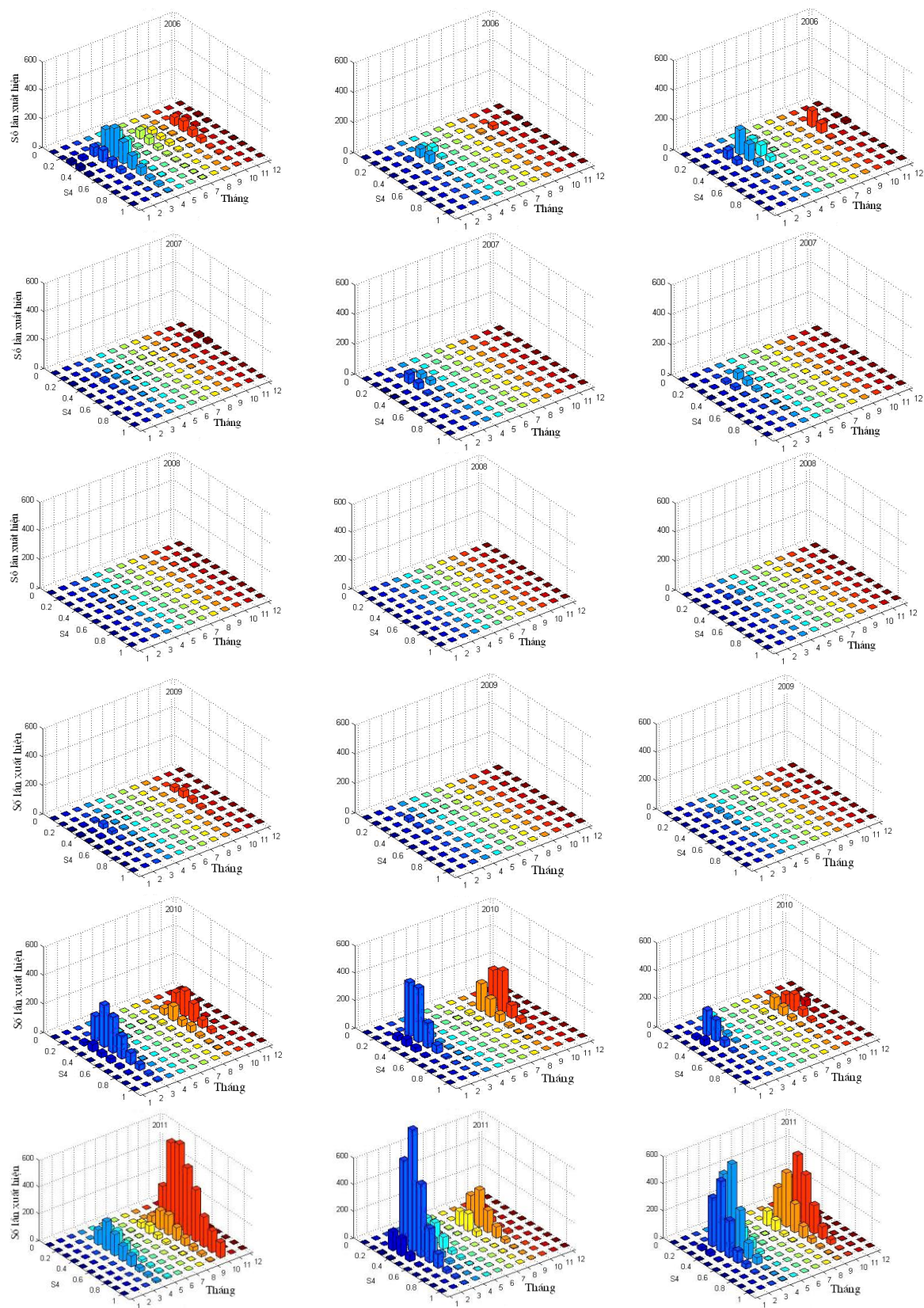
4.3 Đặc trưng xuất hiện theo mùa và theo mức độ hoạt động mặt trời

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*.

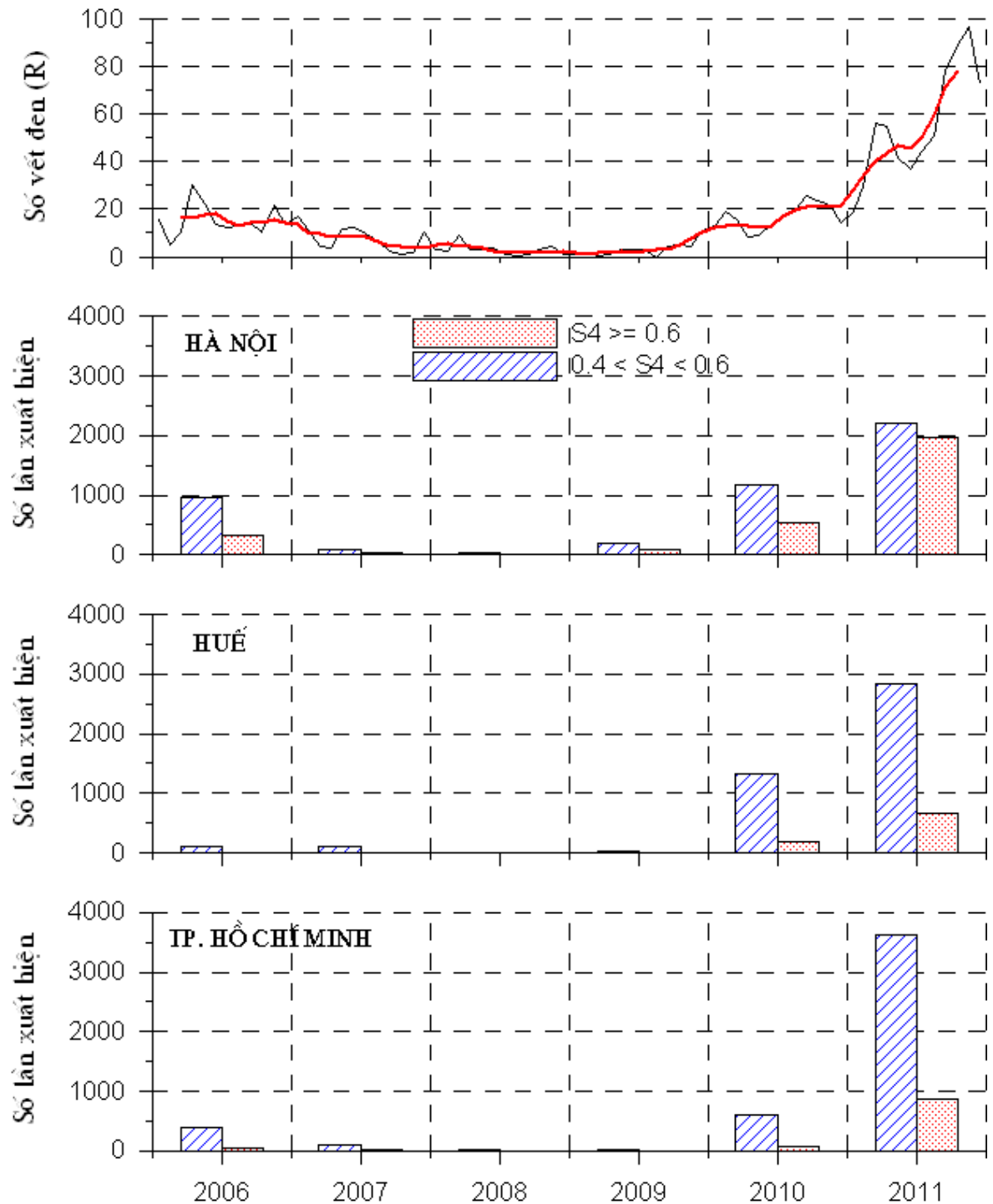
Kết quả quan sát cho thấy trong mỗi năm sự xuất hiện của nhấp nháy thể hiện biến thiên theo mùa rõ rệt: nhấp nháy xuất hiện chủ yếu vào thời kỳ phân điểm (tháng 3-4 và tháng 9-10) trong năm và rất ít khi xuất hiện vào các tháng mùa hè và mùa đông. Đặc trưng xuất hiện theo mùa của nhấp nháy điện ly tại Việt Nam cũng phù hợp với kết quả quan sát đã được công bố trước đây khi nghiên cứu cho các trạm khác trong khu vực [16, 34, 73]. Đặc trưng xuất hiện theo mùa của nhấp nháy điện ly cũng gần như đặc trưng biến thiên theo mùa của nồng độ điện tử tổng cộng như đã được chỉ ra trong chương 3 của luận án.

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, nhấp nháy xuất hiện nhiều hơn khi Mặt Trời hoạt động mạnh như được chỉ ra trên *hình 4.4*. Vào năm 2007, 2008 và 2009 là thời điểm Mặt Trời hoạt động cực tiểu nên nhấp nháy xuất hiện rất ít và chủ yếu là nhấp nháy biên độ yếu, hầu như không có xuất hiện nhấp nháy mạnh ($S_4 > 0,6$). Vào năm 2006 và 2010 Mặt Trời hoạt động tăng hơn, số liệu thống kê cũng cho thấy nhấp nháy xuất hiện nhiều hơn năm 2007, 2008 và 2009. Đến năm 2011, là pha đi lên của hoạt động Mặt Trời, nhấp nháy xuất hiện nhiều hơn hẳn những năm trước đó cả về tần suất lẫn độ lớn trên cả ba trạm thu ở Việt Nam. Đặc trưng này là phù hợp với các kết quả đã công bố trước đây bởi các tác giả trên thế giới về sự phụ thuộc vào hoạt động Mặt Trời của nhấp nháy khi nghiên cứu cho các trạm khác nhau ở khu vực xích đạo: Basu et al., [23] nghiên cứu cho vùng Châu Mỹ; Rama Rao et al., [73] nghiên cứu cho vùng Ấn Độ; Cervera et al., [34] nghiên cứu cho vùng Đông Nam Á.

Chương 4. Đặc trưng xuất hiện nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam và ảnh hưởng của nó lên tín hiệu vệ tinh GPS



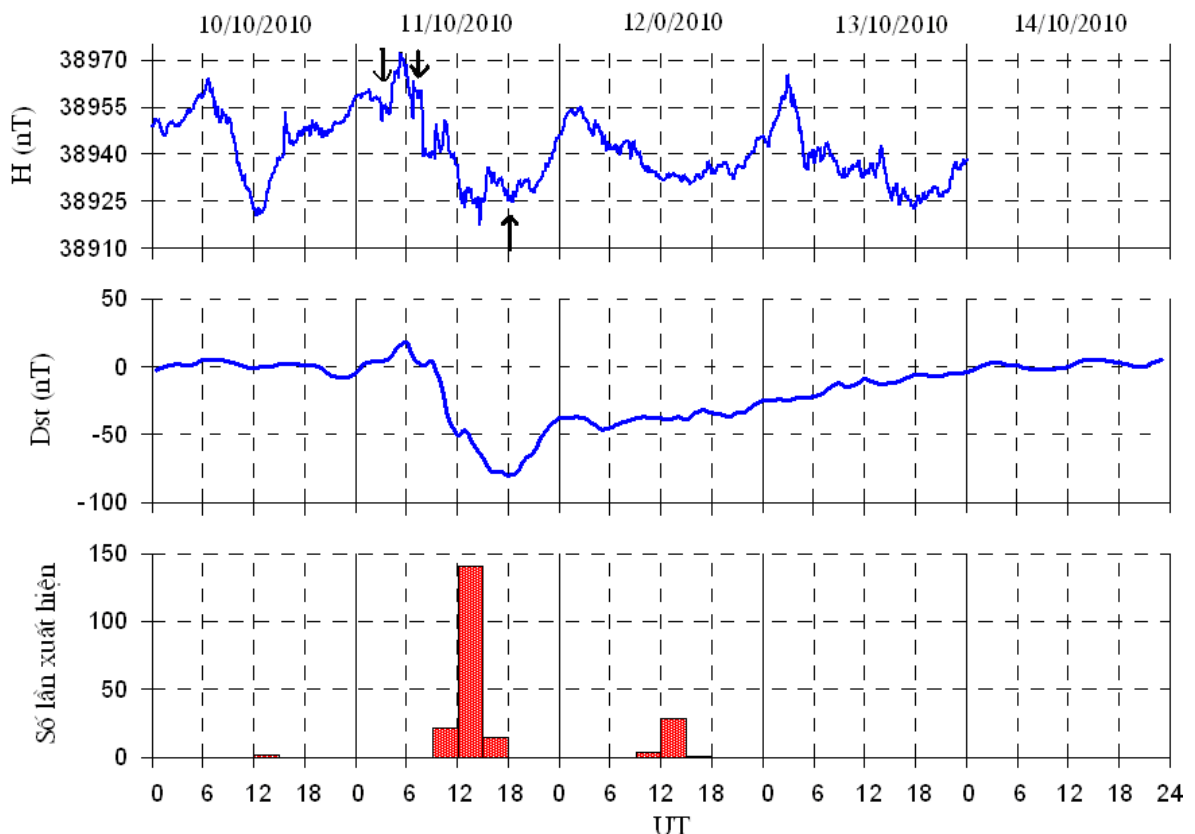
Hình 4.3, Thống kê sự xuất hiện nhấp nháy theo từng tháng trong năm và theo độ lớn tại Hà Nội (trái), Huế (giữa) và Tp Hồ Chí Minh (phải) trong giai đoạn 2006-2011



Hình 4.4, Số vết đen mặt trời và sự xuất hiện nhấp nháy theo hai mức độ lớn tại Hà Nội, Huế và TP. Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2006-2011.

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 đều sử dụng số liệu 5 ngày quan sát

liên tục trước và sau ngày xảy ra bão từ. Trên mỗi hình đều biểu diễn đường cong biến thiên của thành phần nằm ngang H của trường địa từ quan sát được tại Phú Thọ, chỉ số Dst và kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy theo mỗi khoảng thời gian là 3 giờ trên cả khu vực Việt Nam. Chỉ số Dst được tải về từ trang web của trung tâm số liệu quốc tế WDC-2, tại địa chỉ: <http://swdwww.kugi.kyoto-u.ac.jp>, chuỗi số liệu có khoảng cách giữa hai giá trị là 1 giờ được chúng tôi nội suy thành chuỗi số liệu theo từng phút để tiện so sánh.

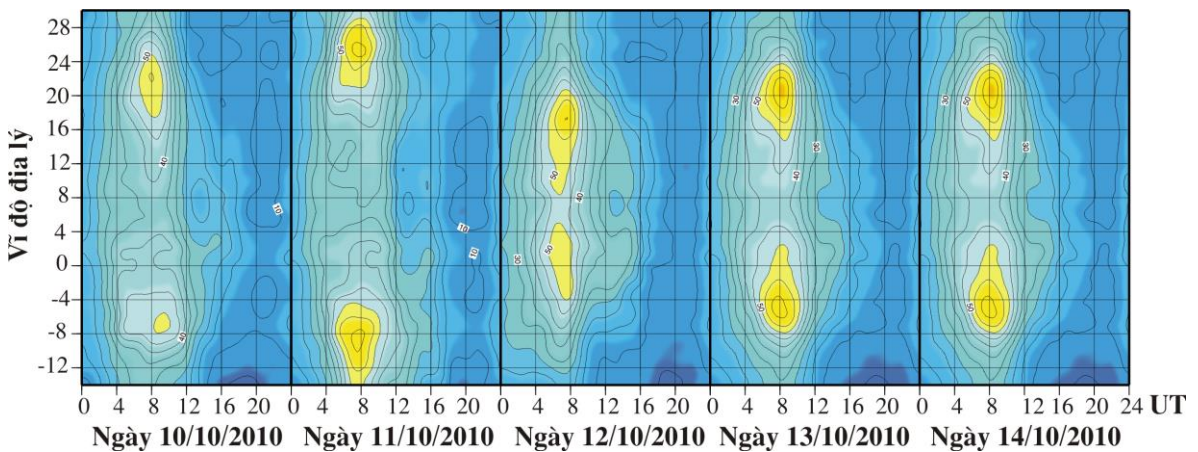


Hình 4.5, Biến thiên của thành phần nằm ngang H của trường địa từ tại Phú Thọ, chỉ số Dst và kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy khu vực Việt Nam trong trận bão từ ngày 11/10/2010 với các mũi tên chỉ thời điểm bắt đầu của pha đầu, pha chính và pha hồi phục của bão.

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 thành phần nằm ngang H và chỉ số Dst chúng ta có thể thấy biểu hiện rõ rệt các pha của trận bão này: bão từ bắt đầu bất ngờ vào khoảng 4hUT ngày 11/10 khi thành phần trường từ nằm ngang H tăng lên đột ngột, kế tiếp là pha chính của bão kéo dài trong thời gian

từ 7 đến 18h00 UT khi thành phần H và chỉ số Dst bắt đầu suy giảm và đạt đến giá trị cực tiểu, tiếp đến là pha hồi phục kéo dài trong những ngày tiếp theo, ngày 14/10 giá trị Dst trở về mức ngày 10/10 nên có thể coi như là cơn bão đã kết thúc, và các ngày 10/10 và 14/10 có thể coi là ngày tương đối yên tĩnh từ. 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) so với các ngày còn lại.

Để làm rõ hơn phản ứng của tầng điện ly trong thời gian bão từ, chúng tôi sử dụng thêm số liệu của 3 trạm thu GPS trong khu vực (KUNM ($25^{\circ}01'44''$, $102^{\circ}47'49''$); NTUS ($1^{\circ}20'45''$, $103^{\circ}40'48''$); BAKO ($-6^{\circ}29'28''$, $106^{\circ}50'56''$)) để biểu diễn sự biến đổi của TEC ở hai đỉnh dị thường điện ly trong thời gian trận bão từ này, kết quả được chỉ ra trên hình 4.6.

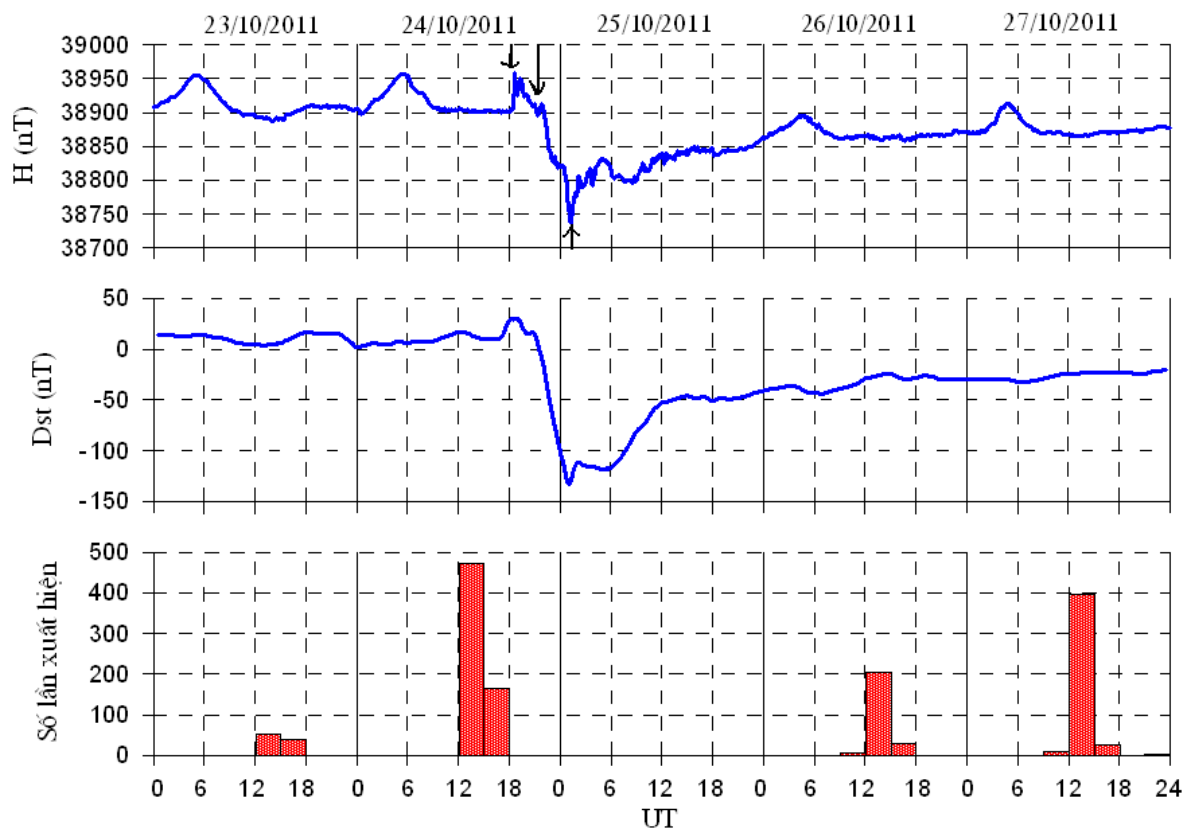


Hình 4.6, Biến đổi của TEC theo vĩ độ và theo thời gian từ ngày 10 đến 14/10/2010.

Khoảng cách giữa các đường đẳng trị là 5 TECu.

Hình 4.6 biểu diễn bản đồ phân bố TEC theo vĩ độ và thời gian trong ngày của 2 đỉnh dị thường điện ly xích đạo từ ngày 10 đến ngày 14/10/2010. Kết quả quan sát cho thấy có sự thay đổi rõ rệt về vị trí và giá trị của đỉnh dị thường trong thời gian bão từ: vào ngày xảy ra bão từ (11/10), giá trị của TEC gia tăng và hai đỉnh dị thường dịch chuyển ra xa xích đạo hơn so với ngày trước đó (10/10), ngày tiếp theo (12/10) nằm trong pha hồi phục của bão, giá trị TEC của đỉnh dị thường bị suy giảm một chút và co lại về gần xích đạo hơn, các ngày tiếp theo (13/10, 14/10) đỉnh dị thường gia tăng và dần trở lại trạng thái ban đầu. Vấn đề về ảnh hưởng của

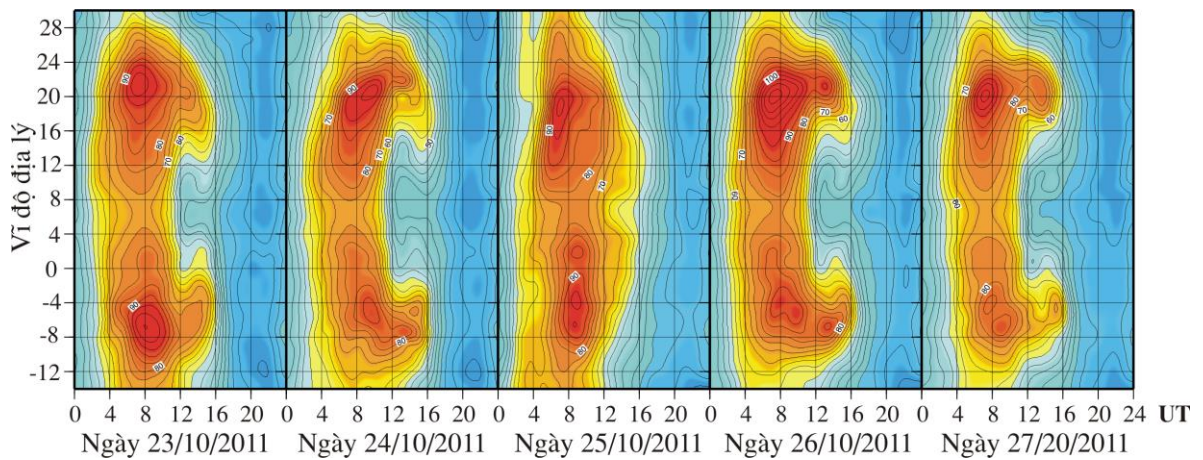
bão từ tới vùng dị thường điện ly xích đạo có thể tham khảo trong bài báo của Lê Huy Minh và nnk, [11]. Do năm 2010 là năm Mặt Trời vẫn còn hoạt động yếu (số vết đen trung bình trong tháng 10 chỉ đạt giá trị 20), phân bố TEC cũng cho thấy, giá trị TEC trong thời gian này là thấp, cực đại của đỉnh dị thường trong những ngày này chỉ đạt tới 55 đến 60 TECU và duy trì trong khoảng thời gian từ 6 đến 8hUT, vậy nên hoạt động nhấp nháy điện ly thời gian này rất ít do có mối liên hệ tỷ lệ thuận giữa mật độ điện tử và sự xuất hiện nhấp nháy điện ly [16, 65], 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.



Hình 4.7, Biến thiên của thành phần nằm ngang H của trường địa từ tại Phú Thụy, chỉ số Dst và kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy khu vực Việt Nam trong trận bão từ ngày 24-25/10/2011 với các mũi tên chỉ thời điểm bắt đầu của pha đầu, pha chính và pha hồi phục của bão.

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) và pha chính

của bão kéo dài khoảng 4 tiếng khi giá trị thành phần H đạt cực tiểu vào 1hUT (08hLT) ngày 25/10, tiếp đến là pha hồi phục kéo dài trong những ngày tiếp theo sau của bão (ngày 25, 26 và 27/10). Ngược với kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy trong trận bão từ trước (11/10/2010), 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 hồi phục – ngày 25/10/2011) lại không quan sát thấy nhấp nháy xuất hiện. Hình 4.8 là bản đồ phân bố TEC theo vĩ độ và thời gian trong ngày của 2 đỉnh dị thường điện ly xích đạo từ ngày 23 đến 27/10/2011.

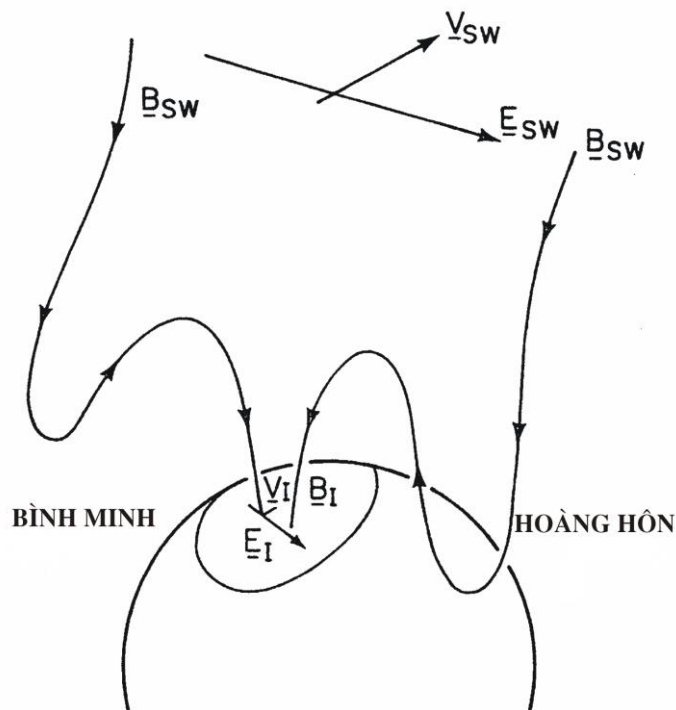


Hình 4.8, Biến đổi của TEC theo vĩ độ và theo thời gian từ ngày 23 đến 27/10/2011. Khoảng cách giữa các đường đẳng trị là 5 TECu.

Khác với phân bố TEC trong hình 4.7, biên độ đỉnh dị thường trong những ngày này khá lớn, giá trị đỉnh dị thường đạt tới 90 đến 100 TECu và mở rộng cả về thời gian và vĩ độ. Trong hầu hết các ngày, đỉnh dị thường mở rộng và duy trì giá trị TEC cao ngay cả khoảng thời gian vài giờ sau khi Mặt Trời lặn (12 đến 16hUT) đỉnh dị thường vẫn tồn tại với giá trị TEC cao. Riêng ngày bão từ (25/10), do bị tác động của bão từ, sự phát triển của đỉnh dị thường khác hơn so với các ngày còn lại, đỉnh dị thường dịch chuyển một chút về phía xích đạo và thu hẹp về thời gian, không có sự tồn tại rõ rệt của đỉnh dị thường vào những giờ sau khi Mặt Trời lặn như các ngày khác. Năm 2011 là năm Mặt Trời hoạt động mạnh lên, số vết đen trung bình tháng 10 đạt giá trị là 96, cao hơn nhiều thời điểm 10/2010, giá trị TEC trong tầng điện ly tại đây cũng gia tăng mạnh, do đó hoạt động nhấp nháy sẽ thường

xuân xuất hiện, đây là lý do ta quan sát thấy nhấp nháy xuất hiện ở hầu hết những ngày này.

Để giải thích cho sự gia tăng nhấp nháy trong ngày bão từ 11/10/2010 và sự suy giảm nhấp nháy trong ngày bão 25/10/2011 so với các ngày trước và sau bão từ, chúng ta hãy tìm hiểu cơ chế phát sinh hiện tượng này như sau: Có hai nguồn điện trường có thể ảnh hưởng tới hiệu ứng vò phun xích đạo trong thời gian bão từ đó là sự thâm nhập trực tiếp của điện trường có nguồn gốc từ quyển xuống tầng điện ly và sự hình thành dynamo nhiễu loạn điện ly sau khi vùng cực bị đốt nóng trong thời gian bão từ [82]. Trong pha chính của bão, trường từ giữa các hành tinh là hướng về phía Nam, tương tác của trường từ giữa các hành tinh hướng nam và gió mặt trời làm xuất hiện điện trường bình minh sang phía hoàng hôn tác dụng trực tiếp vào tầng điện ly vùng cực (hình 4.9).



Hình 4.9, Sự thâm nhập của điện trường có nguồn gốc từ quyển xuống tầng điện ly. Điện trường này thâm nhập trực tiếp xuống tầng điện ly xích đạo vào ban ngày dẫn đến sự tăng hiệu ứng vò phun plasma xích đạo. Plasma được nâng lên sau đó khuếch tán dọc theo đường sức từ trường làm gia tăng nồng độ điện tử tổng cộng ở các vùng vĩ độ cao hơn ở cả hai phía xích đạo và vùng đỉnh dị thường trong pha

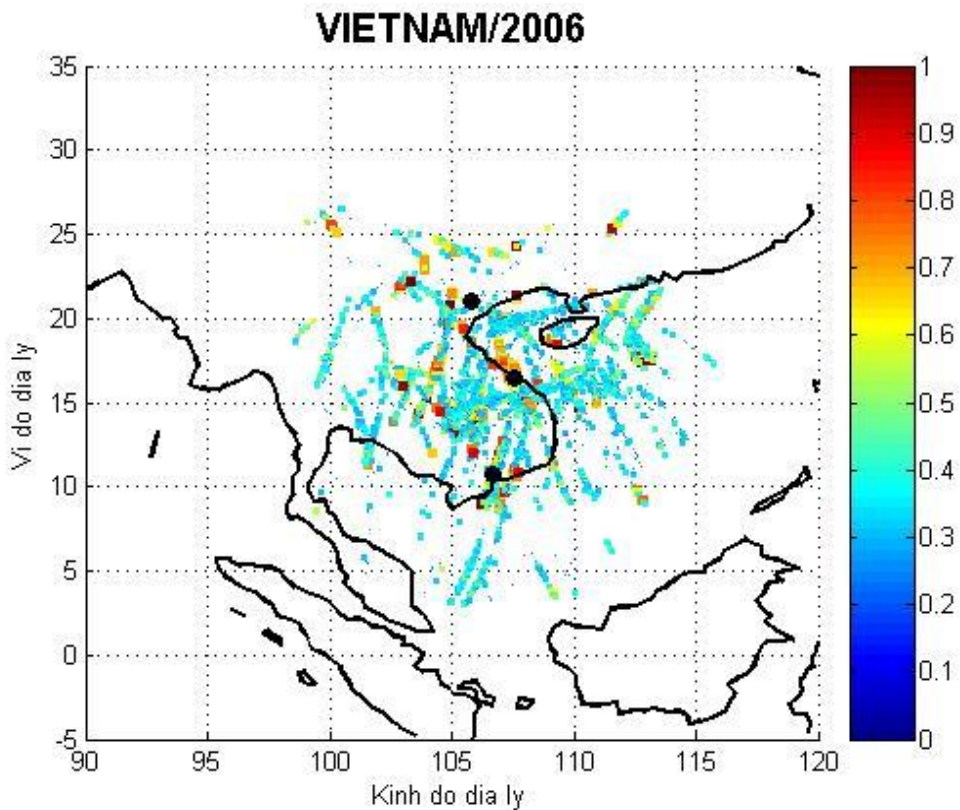
chính cũng bị dẫn ra như được quan sát thấy trong biến đổi TEC ngày 11/10/2010 so với các ngày bình thường. Sự gia tăng hiệu ứng vò phun trong ngày này sẽ làm tăng quá trình động học trong vùng F xích đạo ở điều kiện bình thường vào giai đoạn sau khi Mặt Trời lặn [17, 82]. Sự gia tăng điện trường hướng đông làm dịch chuyển thẳng đứng $\vec{E} \wedge \vec{B}$ của plasma điện ly gia tăng và nhấp nháy cũng gia tăng trong pha chính của bão ngày 11/10/2010. Trong thời gian bão từ, sự đốt nóng của vùng cực làm xuất hiện gió nhiệt quyển thổi về phía xích đạo hình thành dynamo nhiễu loạn điện ly tạo nên hai xoáy dòng như chỉ ra trên *hình 2.11* [31]. Xoáy dòng nhiễu loạn và điện trường liên quan ở vùng vĩ độ thấp có hướng ngược với hướng của dòng S_q bình thường, kết quả là cường độ điện trường tổng hợp sẽ bị giảm đi, kéo theo sự suy giảm của hiệu ứng vò phun xích đạo, do đó đỉnh dị thường trong ngày này thường suy giảm và dịch chuyển về gần xích đạo hơn như được quan sát thấy trong phân bố TEC ngày 12/10/2010 và ngày 25/10/2011. Do sự suy giảm của hiệu ứng vò phun gây bởi sự suy giảm phát triển điện trường hướng đông gần với thời điểm Mặt Trời lặn, điều đó ngăn cản sự hình thành các mảng nhiễu loạn do đó nhấp nháy trong ngày 12/10/2010 bị suy giảm đi so với ngày 11/10/2010 hoặc bị ngăn cản hoàn toàn như trong ngày 25/10/2011.

Đã có một số nghiên cứu thống kê về ảnh hưởng của bão từ lên khả năng xuất hiện nhấp nháy vùng xích đạo và vùng vĩ độ thấp [17, 54, 57, 82, 93]. Theo *Abdu*, [17], khi pha chính của bão từ xuất hiện vào thời gian ban ngày thì hiệu ứng dynamo nhiễu loạn điện ly sẽ làm suy giảm sự phát triển điện trường hướng đông gần với thời điểm Mặt Trời lặn và do đó ngăn cản sự phát triển của bọng plasma và làm suy giảm nhấp nháy. Hay *Tiwari et al.*, [82] đã chỉ ra các pha khác nhau của bão từ sẽ ảnh hưởng lên sự phát sinh và phát triển nhiễu loạn điện ly khác nhau và tác giả đã phân ra ba loại bão từ trong mối liên hệ giữa bão từ và hoạt động nhấp nháy trong vùng xích đạo. Và 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 hay làm suy giảm hoạt động nhấp nháy phụ thuộc vào sự thâm nhập của điện trường và sự tác

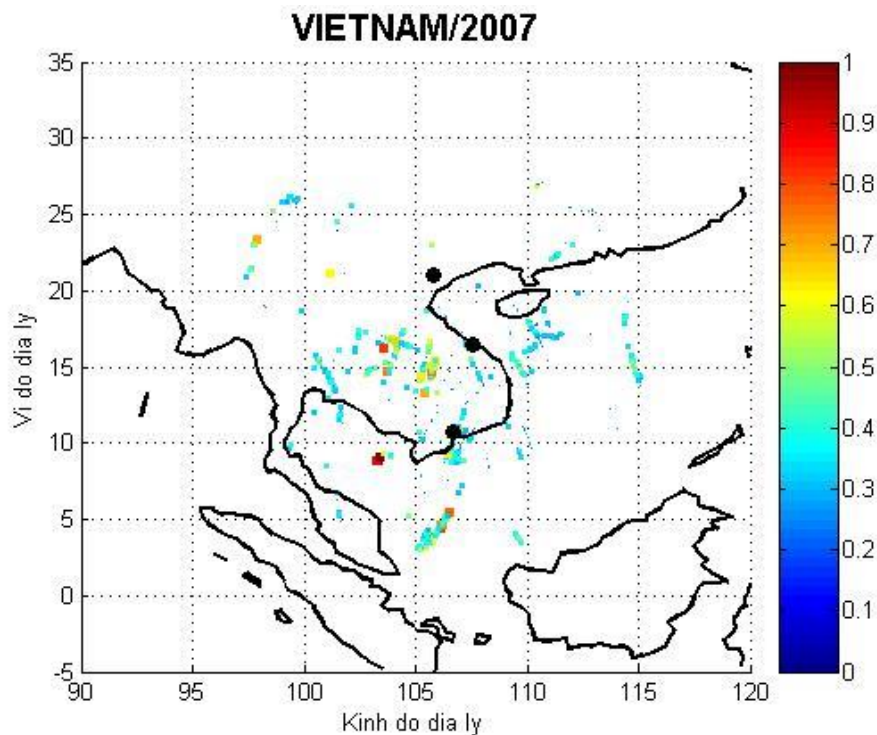
động của hiệu ứng dynamo nhiễu loạn điện ly sẽ làm gia tăng hay suy giảm điện trường hướng đông vào giai đoạn sau khi Mặt Trời lặn.

4.4 Đặc trưng xuất hiện theo không gian

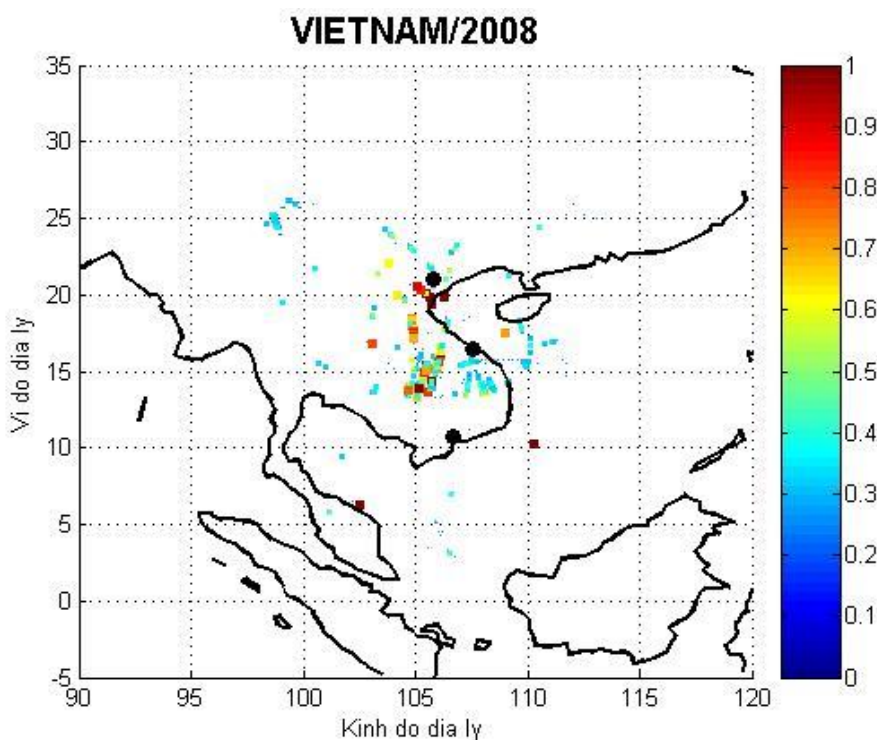
Để nghiên cứu phân bố theo không gian chúng tôi tiến hành tính toán và biểu diễn biên độ nhấp nháy xuất hiện theo đường vệ tinh cho cả khu vực Việt Nam trong từng năm từ số liệu ba trạm thu GPS có được. Để làm được việc này, các giá trị S_4 trên mỗi đường vệ tinh phải được tính ra tọa độ (kinh độ, vĩ độ) tương ứng trên độ cao được lấy là 400 km của mô hình lớp đơn. Kết quả được chỉ ra trên hình 4.10, hình 4.11, hình 4.12, hình 4.13, hình 4.14 và hình 4.15 tương ứng với năm 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 và 2011.



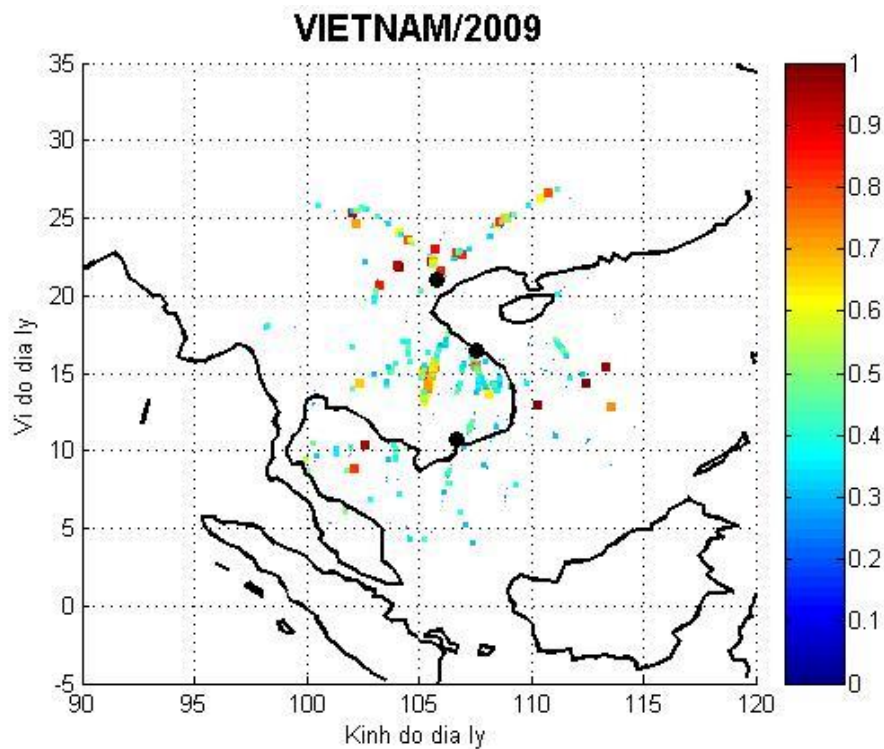
Hình 4.10, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2006.



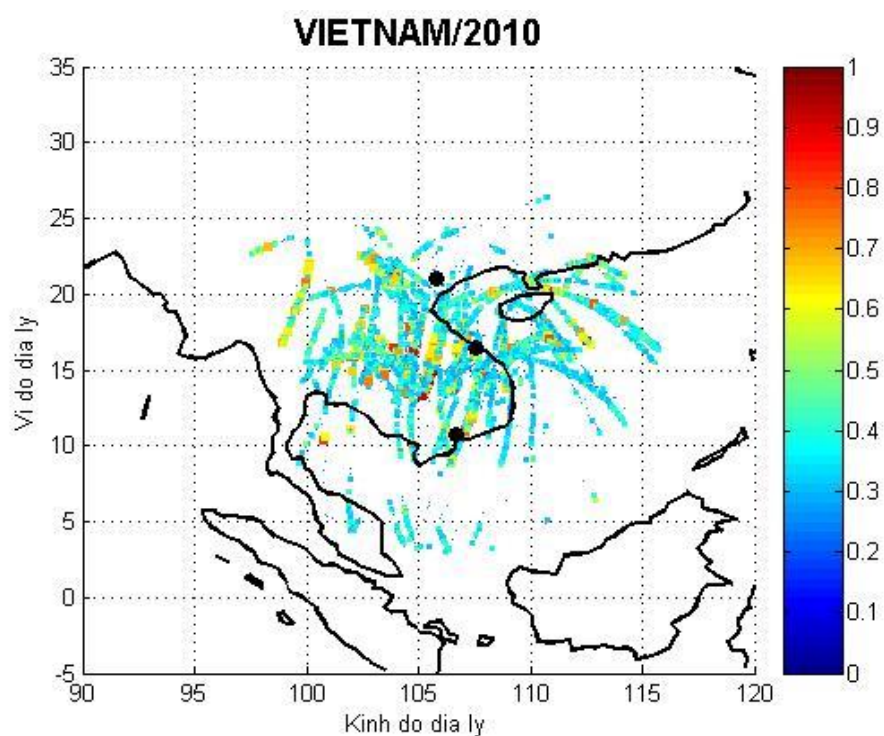
Hình 4.11, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2007.



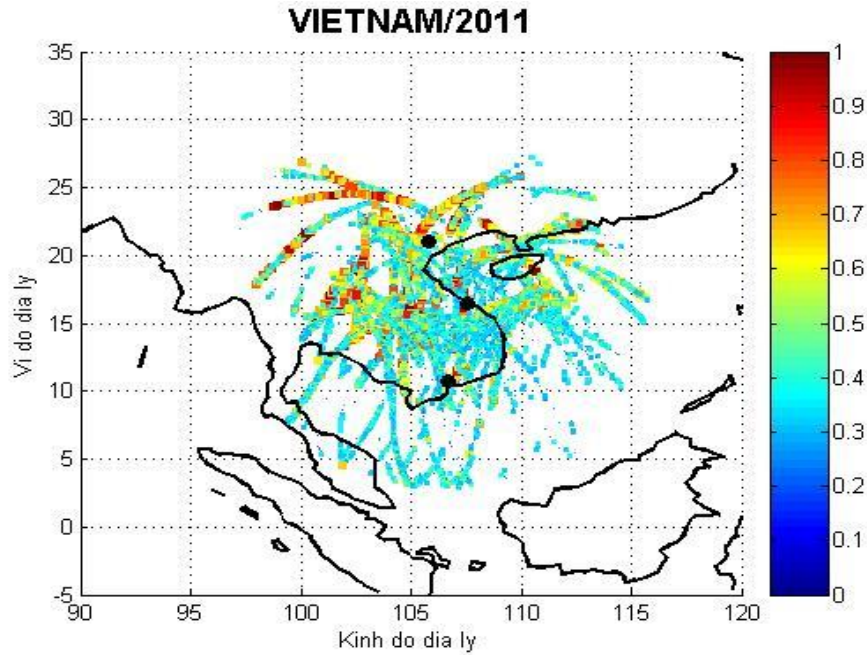
Hình 4.12, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2008.



Hình 4.13, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2009.



Hình 4.14, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2010.

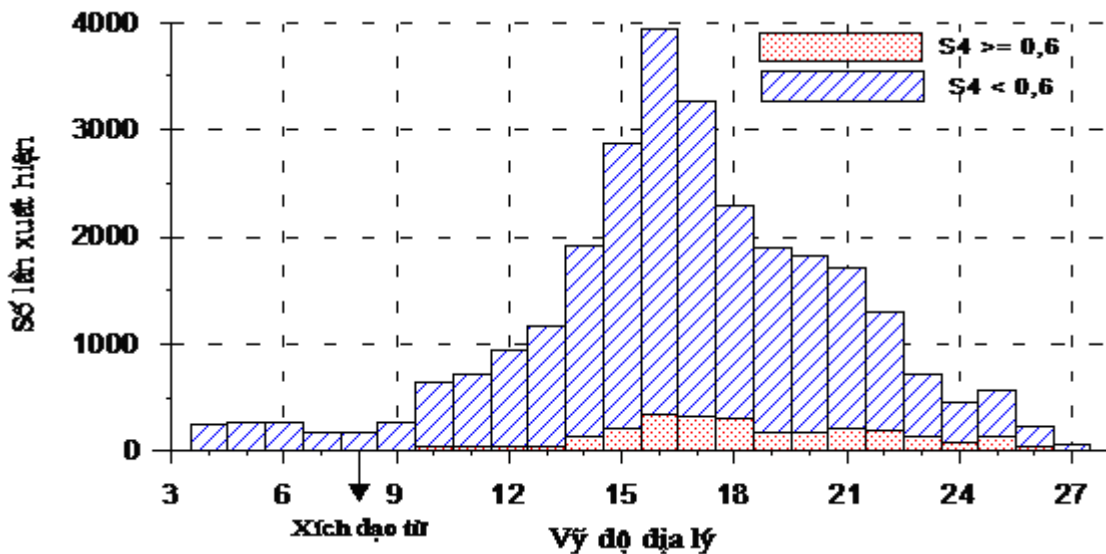


Hình 4.15, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2011.

Từ hình 4.10 đến hình 4.15 biểu diễn phân bố không gian của sự xuất hiện nhấp nháy điện ly cho từng năm số liệu trong khu vực Việt Nam và lân cận. 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 nghiên cứu được một vùng từ 3° -> 27° vĩ độ địa lý và từ 98° -> 115° kinh độ. Nhấp nháy xuất hiện rải rác trên khắp lãnh thổ Việt Nam, xuất hiện rất ít vào năm Mặt Trời hoạt động cực tiểu 2007, 2008 và 2009, xuất hiện gia tăng mạnh 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° N) và tập trung nhiều tại khoảng vĩ độ từ 14° - 21° N. Ở chương trước hình 3.26c cho chúng ta rằng vị trí vĩ độ đỉnh dị thường điện ly xích đạo trung bình tháng dao động trong khoảng 17° - 21° N, điều này cho thấy vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo là vùng nhấp nháy xuất hiện nhiều. Nhấp nháy biên độ mạnh ($S_4 \geq 0,6$) xuất hiện ít và trải dài trong khoảng vĩ độ từ 14° đến

25⁰, đây cũng thuộc vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo và thường quan sát thấy từ trạm Hà Nội và trạm Huế. Như đã trình bày ở trên vào giai đoạn sau khi Mặt Trời lặn, sự suy giảm của đỉnh dị thường sẽ gây ra các nhiễu loạn, thăng giáng mạnh của phân bố điện tử trong vùng này hơn là vùng điện ly ở xa đỉnh dị thường (TP. Hồ Chí Minh). 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., [86, 87] nghiên cứu cho vùng kinh tuyến Nam Mỹ; Rama Rao et al., [73] 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

Trước đây để nghiên cứu nhiễu loạn điện ly người ta phải dựa trên các phép đo từ một trạm hay một nhóm trạm sử dụng các thiết bị rada, vệ tinh hay tên lửa dựa trên đặc trưng phát sáng của khí. Ngày nay khi hệ thống vệ tinh GPS hoạt động liên tục với các máy thu tín hiệu GPS hai tần số thì việc thăm dò nghiên cứu nhiễu loạn điện ly trở nên thuận tiện và dễ dàng hơn dựa trên các dao động pha của tín hiệu GPS.

Khi tín hiệu GPS truyền qua vùng nhiễu loạn mật độ điện tử trong tầng điện ly sẽ bị thay đổi nhanh về biên độ và pha của tín hiệu. Các nhiễu loạn gây ra các dao động thăng giáng tỷ lệ nhỏ trong chỉ số khúc xạ và tiếp đến là sự tán xạ (scattering)

của mặt sóng, phát sinh các dao động pha dọc theo mặt pha của tín hiệu. Do đó các dao động pha được quan sát thấy dọc theo đường truyền tín hiệu vệ tinh GPS sẽ tương ứng với các dao động về TEC trong tầng điện ly. Phương pháp nghiên cứu nhiễu loạn sử dụng dao động pha GPS đã được đề cập bởi các tác giả trên thế giới [15, 24, 38, 72, 84, 91].

Dao động của TEC theo thời gian (ΔTEC) được định nghĩa là sự thay đổi TEC giữa hai lần quan sát và được tính như sau:

$$\Delta TEC_i^k(t_j) = \frac{TEC_i^k(t_j) - TEC_i^k(t_{j-1})}{(t_j - t_{j-1})} \quad (4.5)$$

trong đó $\Delta TEC_i^k(t_j)$ là dao động TEC tại thời điểm t_j của vệ tinh k và máy thu i , và được tính theo đơn vị TECu/phút; $TEC_i^k(t_j)$, $TEC_i^k(t_{j-1})$ là giá trị TEC tính từ phép đo hiệu pha tại thời điểm t_j và t_{j-1} và được tính từ hiệu của phép đo pha trên hai tần số theo công thức (3.8b) của chương trước:

$$TEC = \frac{1}{40,3} \left(\frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) (L_{1i}^k - L_{2i}^k + B_i^k) \quad (3.8b)$$

L_1, L_2 là phép đo pha trên tần số f_1 và f_2 , đơn vị là mét ,
 B_i^k là tham số độ lệch pha ban đầu.

Thay các giá trị tần số GPS với $f_1=1575,42 \text{ MHz}$ và $f_2 = 1227,60 \text{ MHz}$ vào phương trình (3.8b) và kết hợp phương trình (4.5), dao động TEC rút ra từ quan sát dao động pha được viết lại như sau [80]:

$$\Delta TEC_i^k(t_j) = 1,812 \frac{(\Phi_i^k(t_j) - \Phi_i^k(t_{j-1}))}{(t_j - t_{j-1})} \quad (4.6)$$

Với Φ_i^k là phép đo hiệu pha trên hai tần số f_1 và f_2 , tính bằng vòng quay. Các giá trị dao động TEC chính là tốc độ thay đổi TEC và thường được gán cho một chỉ số có tên là ROT (Rate Of TEC), chỉ số này đặc trưng cho mức độ dao động hiệu pha GPS và đặc trưng cho gradient điện ly tại thời điểm quan sát. Chỉ số ROT có đơn vị là TECu/phút và được tính cho mỗi khoảng thời gian là 30 giây.

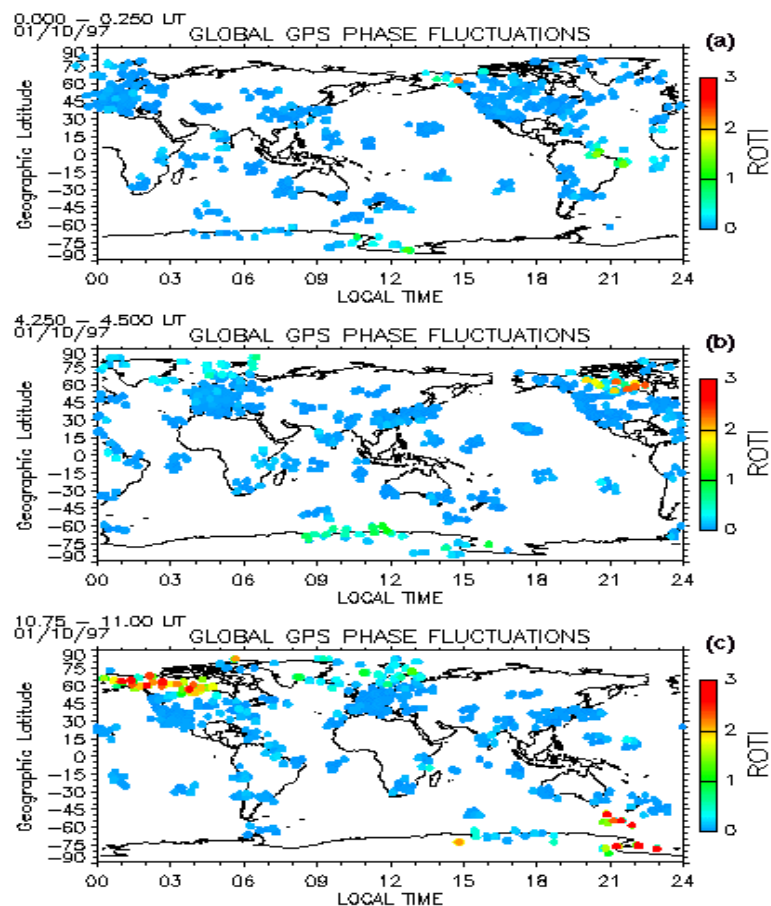
Pi et al. [72] đã chỉ ra rằng tại các vĩ độ cao, ở đó vận tốc trôi dạt plasma là cỡ 1km/giây và khi giá trị ROT được tính trong khoảng thời gian là 30 giây thì ROT

được gán cho các nhiễu loạn có kích thước lớn hơn 30 km. Đối với vùng vĩ độ trung bình và thấp, các giá trị dao động ROT thường gây ra bởi các nhiễu loạn có kích thước nhỏ hơn rất nhiều (vài trăm mét đến 2,5 km) phụ thuộc vào vận tốc trôi dạt plasma trong khu vực này. Để đồng nhất và xác định được cả các nhiễu loạn có kích thước nhỏ, bằng rất nhiều thực nghiệm, Pi đã xác định được một chỉ số của tốc độ thay đổi TEC có tên là ROTI dựa trên độ lệch chuẩn của ROT dùng để nghiên cứu sự xuất hiện nhiễu loạn điện ly như sau:

$$ROTI = \sqrt{\langle ROT^2 \rangle - \langle ROT \rangle^2} \quad (4.7)$$

trong đó $\langle ROT \rangle$ là giá trị trung bình của ROT.

Khoảng thời gian lựa chọn để tính chỉ số ROTI sẽ phản ánh quy mô của hiện tượng, và nó thường được lấy là 5 phút để sử dụng trong các nghiên cứu sự xuất hiện bọng plasma và các nhiễu loạn vùng vĩ độ cao [26, 38, 72].

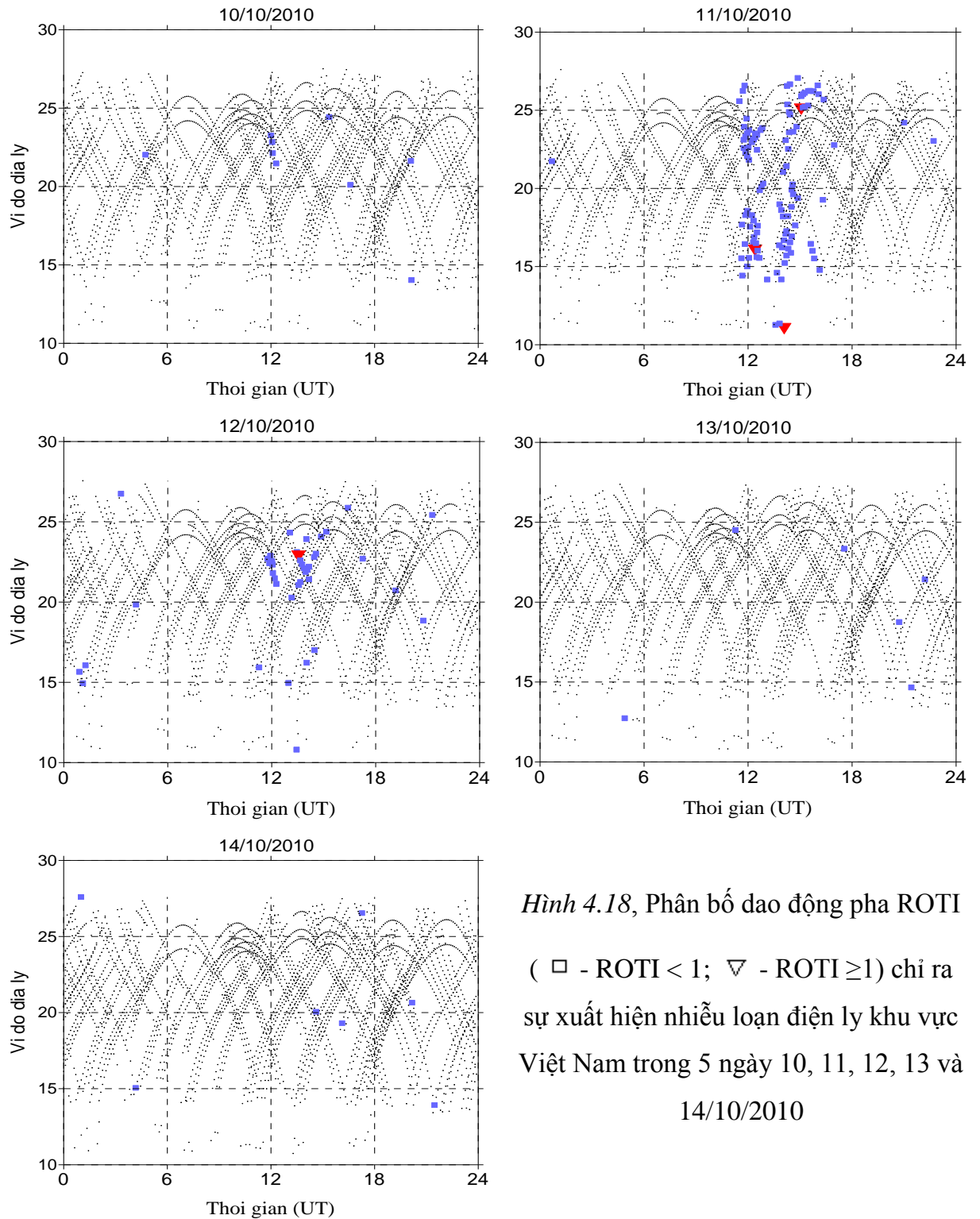


Hình 4.17, Phân bố nhiễu loạn điện ly toàn cầu sử dụng chỉ số ROTI từ các dao động pha GPS trong trận bão từ 10/1/1997 (Pi et al, 1997).

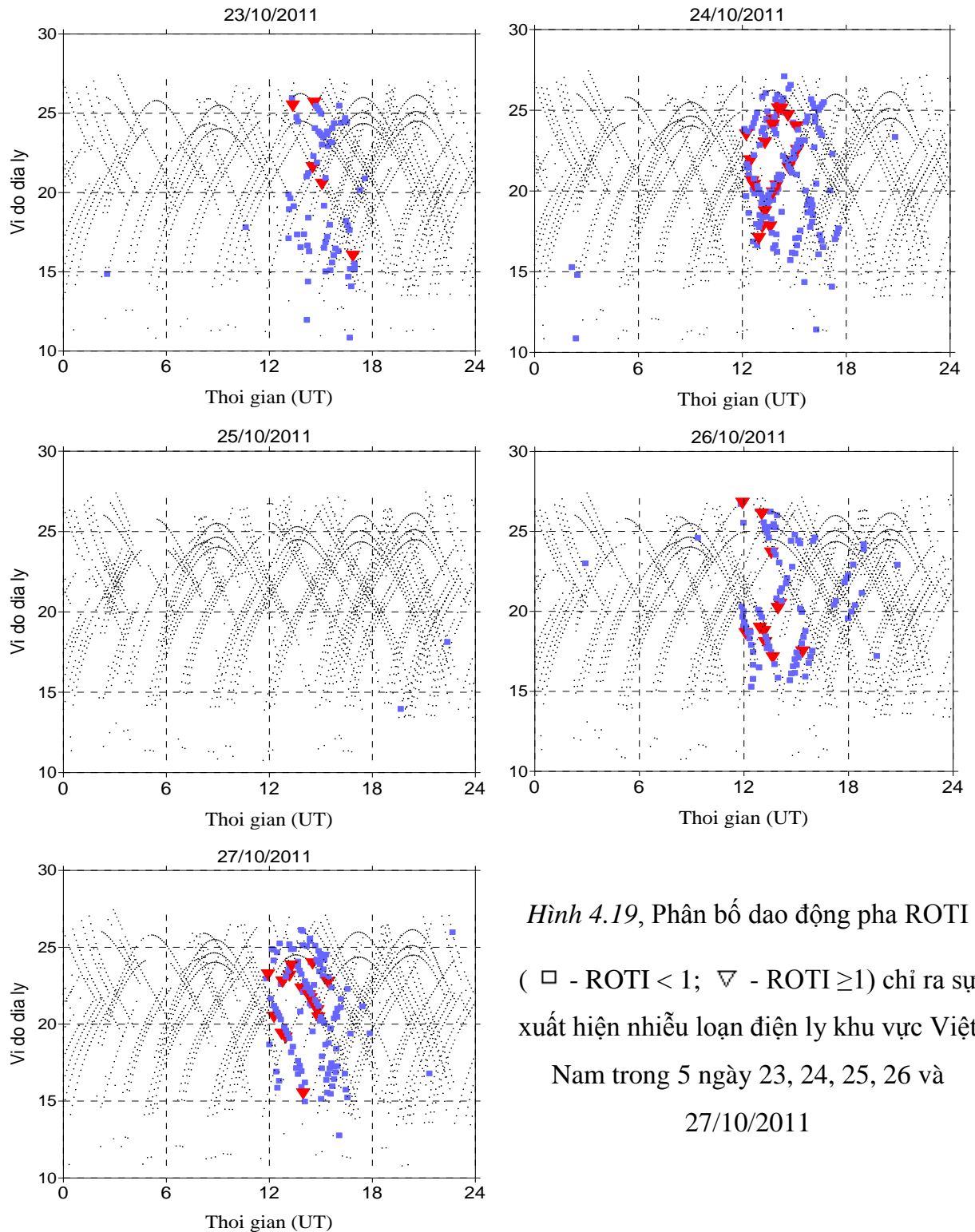
Hiện nay, chỉ số ROTI được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu phân bố nhiễu loạn điện ly có tính chất khu vực và toàn cầu [38, 72, 84], hay chỉ ra mối liên hệ giữa chỉ số ROTI và biên độ nhấp nháy nhằm tiến tới xây dựng mô hình dự báo nhấp nháy điện ly từ các dao động pha tín hiệu GPS [24, 26, 38, 91]. Hình 4.17 là ví dụ về sử dụng chỉ số ROTI chỉ ra hoạt động nhiễu loạn điện ly toàn cầu trong trận bão từ 10/1/1997 của *Pi et al.* [72].

Ba máy thu tín hiệu vệ tinh GPS ở Việt Nam là loại máy thu hai tần số GSV4004 như đã nêu trong phần trước. Với loại máy này, các giá trị dao động TEC (ΔTEC) tính từ hiệu pha cũng được tự động tính tại mỗi thời điểm quan sát. Do đó chúng tôi sẽ sử dụng luôn các giá trị dao động ROT cung cấp bởi số liệu đầu ra của máy thu để phục vụ nghiên cứu. Tính chỉ số dao động pha ROTI theo công thức (4.7) và sử dụng chỉ số này, chúng tôi nghiên cứu sự xuất hiện nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam từ số liệu ba trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS cho hai trường hợp bão từ đã đề cập ở trên. Hình 4.18 là sơ đồ phân bố dao động pha chỉ ra hoạt động nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam và lân cận theo vĩ độ và thời gian trong các ngày từ 10/10 đến 14/10/2010. Đây là 5 ngày số liệu của trận bão từ ngày 11/10/2010 như đã đề cập ở trên. Đối với ngày trước bão (10/10) và hai ngày sau bão (13/10, 14/10) có từ trường tương đối yên tĩnh, kết quả bản đồ phân bố dao động pha trong ngày cho thấy gần như không có sự hoạt động của nhiễu loạn trong ngày này. Ngày xảy ra bão từ (11/10), có sự xuất hiện gia tăng mạnh của nhiễu loạn so với ngày trước đó (10/10). Nhiễu loạn tập trung vào khoảng thời gian sau khi Mặt Trời lặn (18h đến 23h LT) và trong khoảng vĩ độ địa lý từ 14° đến 26° . Nhiễu loạn điện ly xuất hiện trong ngày này với cường độ và độ lớn không mạnh, đa số chỉ số $ROTI < 1$ và rất ít trường hợp xuất hiện $ROTI > 1$, nhưng đã gây ra nhấp nháy trên khu vực Việt Nam và lân cận (hình 4.5). Sang đến ngày tiếp theo (12/10), từ bản đồ dao động pha ROTI cho thấy nhiễu loạn cũng xuất hiện trong ngày này nhưng với tần suất yếu. Nhiễu loạn xuất hiện tập trung trong khoảng thời gian từ 19h đến 21hLT với cường độ yếu ($ROTI < 1$) và tập trung trong khoảng vĩ độ hẹp (21° đến 24°). Mặc dù có xuất hiện nhiễu loạn trong ngày này nhưng với tần suất và cường

độ yếu nên cũng chỉ gây ra một số trường hợp nhấp nháy trên tín hiệu vệ tinh (hình 4.5).



Hình 4.18, Phân bố dao động pha ROTI (\square - ROTI < 1; ∇ - ROTI \geq 1) chỉ ra sự xuất hiện nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam trong 5 ngày 10, 11, 12, 13 và 14/10/2010



Hình 4.19, Phân bố dao động pha ROTI (\square - ROTI < 1; ∇ - ROTI \geq 1) chỉ ra sự xuất hiện nhiều loạn điện ly khu vực Việt Nam trong 5 ngày 23, 24, 25, 26 và 27/10/2011

Hai ngày sau bão (13/10, 14/10), khi từ trường trở về trạng thái yên tĩnh, bản đồ dao động pha cho thấy hầu như không có sự xuất hiện nhiều loạn trong những ngày này và cũng không quan sát thấy nhấp nháy xuất hiện (hình 4.5). So sánh hoạt động nhiễu loạn trong năm ngày trên, ta thấy rõ ràng có sự gia tăng nhiễu loạn trong

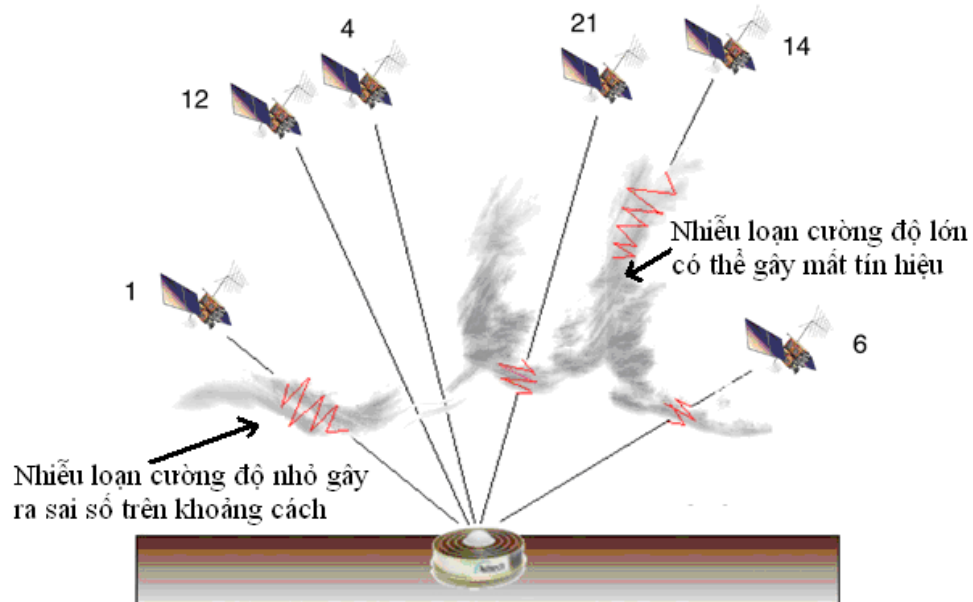
ngày bão từ (11/10) so với các ngày còn lại và nguyên nhân là do sự thâm nhập của điện trường vùng vĩ độ cao làm gia tăng và nhiễu loạn điện trường trong vùng xích đạo gây ra sự phát triển không bình thường của bọng plasmas như đã được đề cập ở phần trước.

Tương tự, *Hình 4.19* là sơ đồ phân bố nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam và lân cận theo vĩ độ và thời gian trong năm ngày của trận bão từ 24-25/10/2011 tính từ dao động pha GPS. Đối với ngày trước bão từ (23/10), đây cũng được coi là ngày tương đối yên tĩnh từ. Bản đồ phân bố dao động pha ROTI cho thấy ngày 23/10 cũng xuất hiện nhiễu loạn với tần suất và cường độ không mạnh trong khoảng thời gian từ 13hUT đến 17hUT, tập trung trong khoảng vĩ độ địa lý từ 15° đến 26° . Sang đến ngày tiếp theo (24/10), sơ đồ phân bố dao động pha ROTI cho thấy sự gia tăng xuất hiện nhiễu loạn điện ly so với ngày trước đó (23/10). Nhiễu loạn cũng xuất hiện tập trung trong khoảng thời gian ngay sau khi Mặt Trời lặn (19hLT đến 24hLT), các giờ khác trong ngày gần như không thấy xuất hiện nhiễu loạn. Vùng hoạt động của nhiễu loạn điện ly tập trung trong khoảng vĩ độ địa lý từ 16° đến 27° (vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo). Trái ngược với ngày trước đó (24/10), phân bố dao động pha trong ngày 25/10 không cho thấy sự xuất hiện của nhiễu loạn điện ly ngay cả giai đoạn sau khi Mặt Trời lặn. Hiện tượng này được cho là gây ra bởi bão từ và đã được giải thích trong phần mối liên hệ của sự xuất hiện nhấp nháy điện ly với mức độ hoạt động từ mục 4.3. Hai ngày tiếp theo cũng chỉ ra sự xuất hiện nhiễu loạn trong khoảng thời gian sau khi Mặt Trời lặn và tập trung trong khoảng vĩ độ địa lý từ 16° đến 27° .

Từ các kết quả quan sát ở trên 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. Các kết quả quan sát phù hợp với kết quả đã công bố trước đây của các tác giả khác trên thế giới khi nghiên cứu ảnh hưởng của bão từ trong vùng điện ly xích đạo [17, 54, 57, 82, 93].

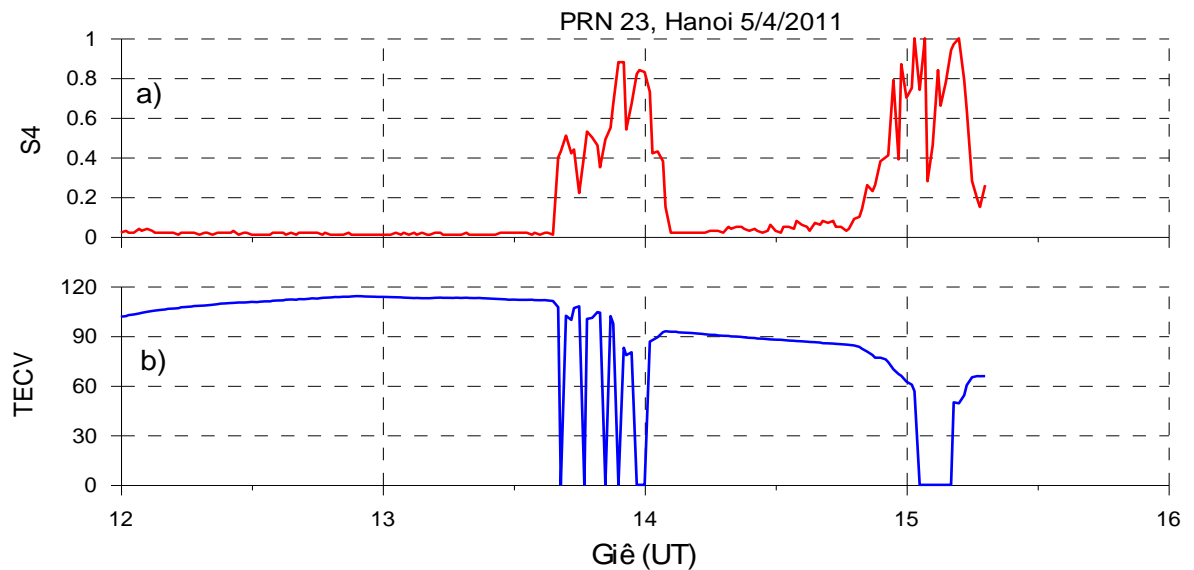
4.6 Ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên quá trình truyền tín hiệu GPS khu vực Việt Nam

Ở khía cạnh nào đó, nhấp nháy điện ly sẽ làm giảm độ chính xác trong phép định vị GPS. Biên độ nhấp nháy tác động trực tiếp lên tỷ số tín hiệu/nhiều (C/N_0) của tín hiệu máy thu GPS gây ra các mức nhiễu trên phép đo pha và khoảng cách, làm giảm sự chính xác của các phép đo này. 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. Pha nhấp nháy mạnh có thể gây ra sự trôi dạt Doppler trong tần số của tín hiệu thu nhận và đôi khi có thể gây ra sự mất pha tín hiệu của máy thu và do đó làm giảm chất lượng của hệ thống dẫn đường vệ tinh [28, 42, 73]. Mức bình thường của tỷ số C/N_0 đối với tín hiệu của tần số L1 là 45dB-Hz, và hiện tượng mất tín hiệu xảy ra khi tỷ số này giảm xuống dưới 25 dB-Hz, phụ thuộc vào vòng lặp tự hiệu chỉnh của từng loại máy thu. 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 [20, 28, 34, 42, 73].



Hình 4.20, Mô hình về ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên tín hiệu vệ tinh GPS [http://www.gpsworld.com/gnss-systemsignal-processinginnovation-ionospheric-scintillations-12809/]

Đối với các máy thu GPS hai tần số, các phép đo giả khoảng cách và pha trên tần số f_1 và f_2 sẽ được dùng để tính nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly, độ chính xác của đồng hồ và lịch thiên văn trong suốt đường truyền. Khi bị mất tín hiệu từ một trong hai tần số sẽ không tính được các giá trị này. Hình 4.21 là một ví dụ về nhấp nháy gây ra mất tín hiệu trên tần số f_2 của vệ tinh thứ 23 trong ngày 5/4/2011 quan sát được tại Hà Nội. Với hình a) là biên độ nhấp nháy trên đường vệ tinh PRN 23 và hình b) là giá trị TEC tương ứng của vệ tinh.

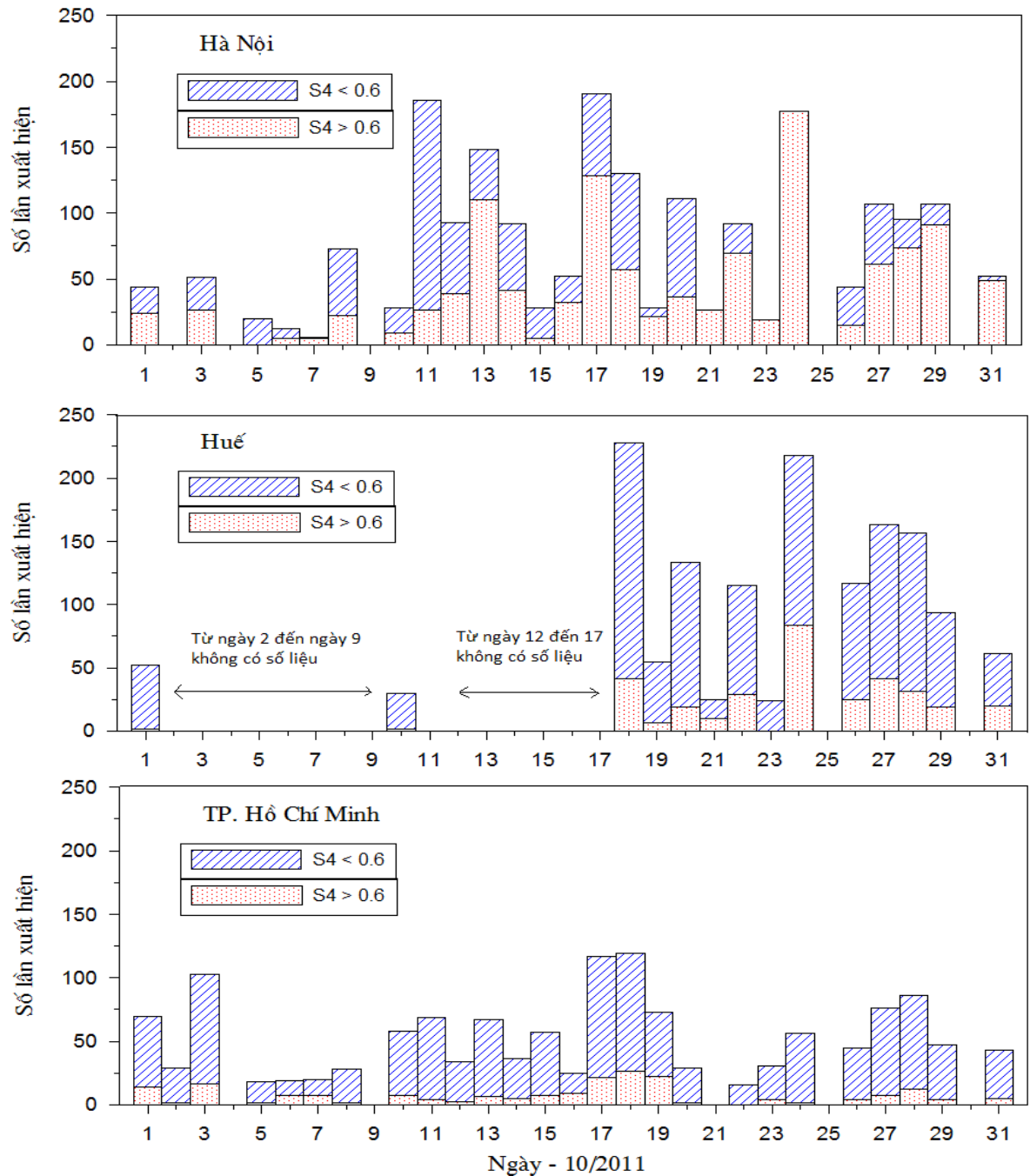


Hình 4.21, Nhấp nháy gây mất tín hiệu trên tần số f_2 của vệ tinh thứ 23 trong ngày 5/4/2011 tại Hà Nội.

Chúng ta có thể thấy rằng mặc dù khoảng thời gian từ 12hUT (19hLT) đến 15h45UT (22h45LT) là khoảng thời gian quan sát thấy liên tục vệ tinh PRN 23, nhưng vào những thời điểm nhấp nháy biên độ mạnh xuất hiện $S_4 > 0,5$ (13h45UT đến 14h05UT và 14h50UT đến 15h15UT) gây ra hiện tượng mất tín hiệu liên tục trên tần số f_2 và được thể hiện trên đường biến thiên TEC tương ứng của vệ tinh này (vẫn quan sát được vệ tinh nhưng giá trị TEC không đo được liên tục trong hai khoảng thời gian có nhấp nháy biên độ mạnh xuất hiện)

Do công suất tín hiệu của tần số f_2 GPS nhỏ hơn đáng kể so với công suất tín hiệu của tần số f_1 (~6 dB), và các máy thu GPS hai tần số với mục đích dân sự chỉ được sử dụng giá trị code đã bị mã hóa đối với tín hiệu f_2 làm cho giá trị của tỷ số C/N_0 thấp, do đó nhấp nháy điện ly thường tác động nhiều lên tín hiệu f_2 GPS hơn là

tín hiệu f_1 . Do đó, trường hợp xảy ra mất tín hiệu trên máy thu với tín hiệu f_2 thường xuyên hơn tín hiệu f_1 . Để làm rõ hơn sự ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên khả năng mất tín hiệu trên tần số f_2 , chúng tôi tính và so sánh cho hai trường hợp: ngày có xuất hiện nhấp nháy và ngày không có nhấp nháy hoặc nhấp nháy yếu ($S_4 < 0,2$) xuất hiện.



Hình 4.22, Thống kê nhấp nháy theo hai mức độ lớn trong tháng 10/2011 tại Hà Nội, Huế và Tp. Hồ Chí Minh

Hình 4.22 là kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy trong ngày theo hai mức độ lớn: nhấp nháy biên độ mạnh ($S_4 \geq 0,6$) và nhấp nháy trung bình yếu ($S_4 < 0,6$) cho từng trạm quan sát trong tháng 10/2011. Để thực hiện việc này, mỗi trạm chúng tôi chọn ra 3 ngày tiêu biểu trong tháng 10/2011 có nhấp nháy mạnh nhất và 3 ngày tiêu biểu không có nhấp nháy hoặc nhấp nháy yếu ($S_4 < 0,2$) xuất hiện. Trường hợp ngày có nhấp nháy xuất hiện với tần suất và cường độ mạnh nhất trong tháng được lựa chọn đối với trạm Hà Nội là ngày 13/10, 17/10 và ngày 24/10, đối với trạm Huế là ngày 18/10, 24/10 và 27/10, đối với trạm ở Tp. Hồ Chí Minh là ngày 17/10, 18/10 và 19/10 như được chỉ ra trên hình 4.22. Trường hợp cho ngày không có nhấp nháy đối với trạm Hà Nội là 4/10, 25/10 và ngày 30/10, đối với trạm Huế là 11/10, 25/10 và 30/10, tương tự đối với trạm ở Tp. Hồ Chí Minh đó là ngày 4/10, 25/10 và 30/10.

Chúng tôi tiến hành thống kê và tính phần trăm gây mất tín hiệu trên tần số f_2 cho hai trường hợp trên, trong khoảng thời gian đêm có sự tập trung nhấp nháy xuất hiện (19hLT đến 24LT) với tất cả các đường vệ tinh có góc nhìn $>20^\circ$, 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 ngay cả khi trong điều kiện không có nhấp nháy xuất hiện hoặc nhấp nháy yếu thì khả năng mất tín hiệu trên tần số f_2 vẫn hiện hữu và chiếm một tỷ lệ phần trăm nào đó. Trong trường hợp xem xét ở đây đối với trạm Hà Nội khả năng mất tín hiệu chiếm 7,6%, đối với trạm Huế khả năng mất này là 3,6% và đối với trạm ở Tp. Hồ Chí Minh là 3,4% trên tổng số tín hiệu thu nhận trong khoảng thời gian từ 19hLT đến 24hLT của 3 ngày yên tĩnh xem xét tương ứng. 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.

Khi nhấp nháy trên đường truyền đủ mạnh thì đường truyền trở lên không liên tục và không có giá trị cho việc sử dụng trong lời giải định vị. Nếu số lượng vệ tinh quan sát được vẫn duy trì lớn hơn 4 thì đối với một máy thu GPS chuẩn vẫn có thể cung cấp thông tin định vị dẫn đường. Tuy nhiên, số lượng vệ tinh quan sát và vị trí của nó lại ảnh hưởng đến mức độ chính xác trong phép định vị, và đại lượng DOP (Dilution of Precision) hay còn được gọi là GDOP (Geometric Dilution of Precision), thường được dùng để định lượng hóa độ chính xác của phép định vị. Yếu tố DOP liên quan trực tiếp đến phân bố hình học của chùm vệ tinh nhìn thấy như chỉ ra trên hình 4.23; việc mất đi mỗi một đường truyền dẫn sẽ làm tăng giá trị DOP và do đó sẽ ảnh hưởng lên độ chính xác trong phép định vị. DOP được sử dụng để suy ra sai số định vị từ sai số khoảng cách sử dụng tương đương. Đối với những máy thu chuyên dụng thường có kèm phần mềm để thông báo các giá trị DOP và cảnh báo cho người dùng khi thực hiện những phép đo không đảm bảo về độ chính xác, còn đối với các máy thu GPS thông thường thì không có chức năng này. Việc đánh giá mức độ của giá trị DOP quyết định đến độ tin cậy trong phép định vị được chỉ ra trong bảng 4.2 [29, 33].

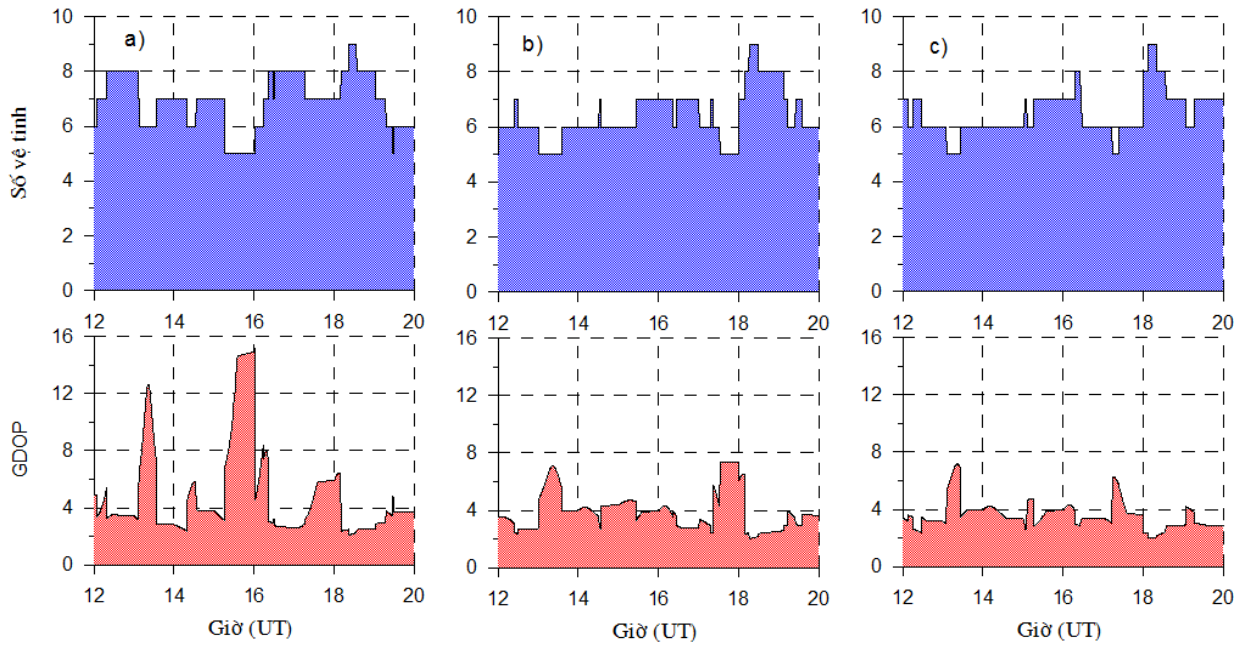


Hình 4.23, DOP và chùm vệ tinh nhìn thấy [GISM technical manual, IEEA, 2007].

Bảng 4.2, đánh giá trị số GDOP trung bình

GDOP	Mức đánh giá	Mô tả
1-2	Tuyệt vời	Đây là mức độ tin cậy cao, các phép định vị được coi là chính xác, đủ để đáp ứng các yêu cầu có tính chất nhạy cảm.
2-5	Tốt	Đáp ứng ở cấp độ tối thiểu cho các mục đích thương mại, các phép định vị có thể được dùng cho mục đích dẫn đường có đủ độ tin cậy.
5-10	Trung bình	Phép định vị có thể được sử dụng để tính toán, nhưng chất lượng không được đảm bảo và vẫn có thể được hiệu chỉnh để sử dụng.
10-20	Kém	Đại diện cho một mức độ tin cậy thấp. Phép định vị nên được loại bỏ hoặc chỉ nên sử dụng để đưa ra một ước tính thô về vị trí.
> 20	Rất kém	Ở cấp độ này, phép định vị không chính xác và cần được loại bỏ.

Hiện nay, phần mềm Trimble's Planning Software cho phép người dùng có thể tính giá trị GDOP này. Hình 4.24 là kết quả tính giá trị GDOP và số vệ tinh nhìn thấy trong thời gian từ 12hUT đến 20hUT ngày 24/10/2011 tại 3 trạm thu GPS ở Việt Nam. Ta thấy rằng giá trị GDOP tăng mạnh theo sự suy giảm của số lượng vệ tinh nhìn thấy. Tại trạm ở Hà Nội trong ngày 24/10/2011, giá trị GDOP có thể đạt tới 15 vào khoảng thời gian từ 15h30 đến 16hUT khi số vệ tinh quan sát thấy giảm còn 5 vệ tinh. Tại trạm Huế và TP. Hồ Chí Minh, giá trị GDOP cao nhất cũng chỉ đạt giá trị 7 ngay cả khi số lượng vệ tinh quan sát chỉ đạt con số 5 vệ tinh. Theo thang đánh giá về giá trị GDOP, tại Hà Nội có 2 khoảng thời gian là từ 13h10 đến 13h30UT và từ 15h15 đến 16hUT có giá trị GDOP kém (>10), do đó thông tin định vị tại đây nên được loại bỏ hoặc chỉ nên sử dụng để đưa ra một ước tính thô về vị trí.



Hình 4.24, Số vệ tinh nhìn thấy và giá trị GDOP ngày 24/10/2011 tại a) Hà Nội, b) Huế và c) TP. Hồ Chí Minh.

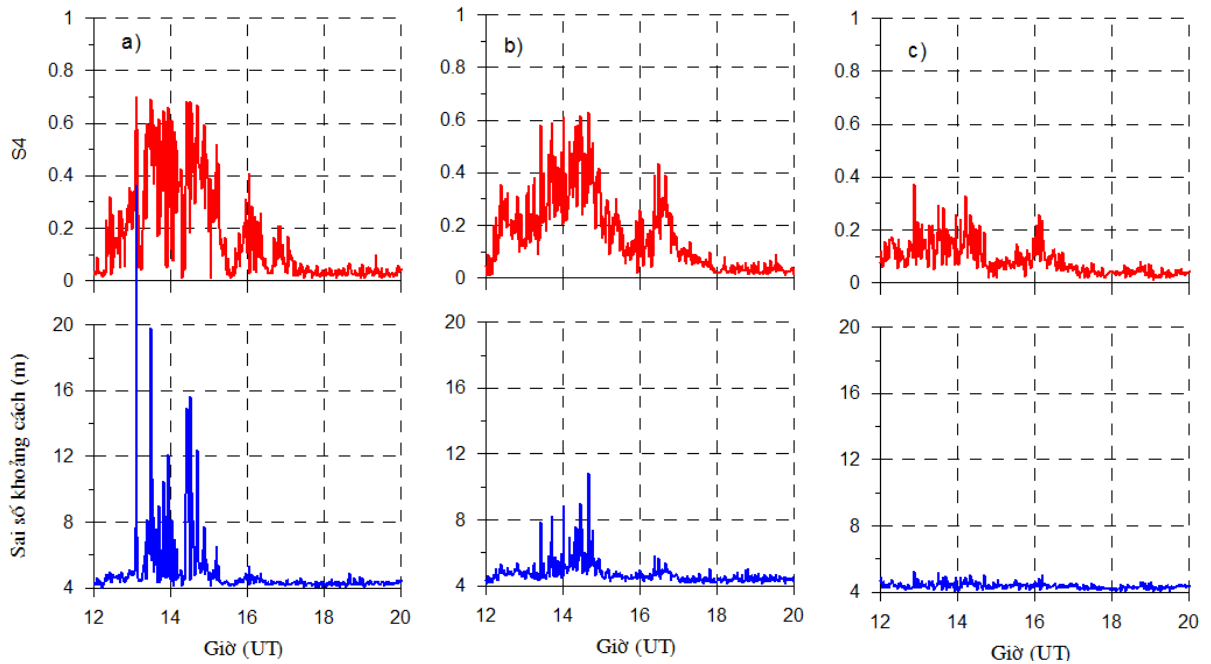
Trong trường hợp môi trường có xuất hiện nhấp nháy điện ly, và nếu tín hiệu truyền từ một vệ tinh GPS không bị mất thì cũng có thể làm thay đổi mức độ chính xác trong phép định vị. Do tín hiệu bị dao động trong môi trường nhấp nháy sẽ gây ra một độ trễ về thời gian khi tới máy thu, và thời gian này lại được dùng để tính khoảng cách của vệ tinh, do đó sẽ gây ra một lượng sai số trên khoảng cách tính được. Conker et. al, [40] đã xây dựng mô hình đánh giá ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên phép định vị đối với mã L1-C/A có độ dài chip khoảng 293m như sau [29, 40]:

$$\sigma_r^2 = \frac{B_n d}{2(c/n_0)(1-S_4^2)} \left[1 + \frac{1}{\eta(c/n_0)(1-2S_4^2)} \right] \quad (4.8)$$

trong đó: B_n là nhiễu dải rộng có giá trị là 0,1 Hz; d là khoảng trống tương đương trong C/A chip và có giá trị tiêu biểu trong khoảng 0,1 đến 1; η là tổng thời gian trước thăm dò, lấy giá trị là 0,02 giây đối với các máy thu GPS; $c/n_0 = 10^{0.1} C/N_0$, tỷ số tín hiệu và nhiễu; σ_r là sai số khoảng cách; và S_4 là chỉ số biên độ nhấp nháy. Cũng cần phải lưu ý rằng mô hình này chỉ áp dụng tính được với biên độ nhấp nháy $< 0,704$. Đối với trường hợp $S_4 > 0,705$ được cho là nằm trong ngưỡng gây ra mất tín

hiệu vệ tinh hoặc sẽ gây ra sai số khoảng cách vô cùng lớn, do đó cần được loại ra trước khi đưa vào tính toán.

Áp dụng mô hình trên, chúng tôi tính sai số khoảng cách gây bởi nhấp nháy điện ly trong ngày 24/10/2011 cho trường hợp $d = 0,1$, 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 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 13h đến 15hUT, đã gây ra sai số khoảng cách từ 8 đến 11m tại đây. Đối với trạm Hà Nội, nhấp nháy xuất hiện mạnh hơn trạm Huế ($S_4 \geq 0,6$) trong khoảng thời gian từ 13h đến 15hUT, gây ra sai số khoảng cách tăng lên từ hàng chục mét đến vài chục mét.

Một số kết quả chính thu được khi nghiên cứu nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam có thể tóm tắt như sau:

- Thống kê về sự xuất hiện nhấp nháy điện ly ở khu vực Việt Nam cho thấy nhấp nháy xuất hiện khá thường xuyên, trong ngày nhấp nháy chủ yếu xuất hiện vào thời gian ban đêm trong khoảng 20-24 LT và rất ít khi xuất hiện vào thời gian ngày.

- Trong mỗi năm, tần suất xuất hiện nhấp nháy điện ly biến đổi theo mùa, chủ yếu xuất hiện vào thời kỳ phân điểm. Ở khu vực Việt Nam, nhấp nháy xuất hiện 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 khoảng vĩ độ 16^0 .

- 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.

- 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 nằm dưới đỉnh dị thường có sự tập trung hoạt động nhấp nháy tín hiệu GPS bị tác động mạnh hơn vùng phía Nam lãnh thổ nước ta.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

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 14-15 giờ chiều và cực tiểu vào khoảng 5 giờ sáng địa phương 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 này 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° đến vĩ độ 25° với cực đại ở khoảng vĩ độ 16° .

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 hơn hai 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.

Việc lắp đặt ba trạm thu GPS trải đều ở ba miền Bắc-Trung-Nam là một thuận lợi trong nghiên cứu tầng điện ly cho toàn khu vực Việt Nam. Kết quả quan sát về biến thiên nồng độ điện tử và đặc trưng xuất hiện nhấp nháy khu vực Việt Nam. Các kết quả thu được trong luận án sẽ là đóng góp nhất định trong mục tiêu xây dựng dự báo điện ly, nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam nói riêng và khu vực Đông Nam Á nói chung trong tương lai.

Hướng phát triển trong thời gian tới:

Từ những kết quả nghiên cứu trong luận án, tác giả kiến nghị tiếp tục triển khai các vấn đề sau:

- Tiếp tục hoàn thiện thêm phương pháp tính để cho ra các giá trị TEC có độ chính xác cao, tiến tới xây dựng các bản đồ TEC địa phương theo kinh và vĩ độ ở từng thời điểm quan sát để ứng dụng trong phép hiệu chỉnh chính xác tín hiệu vệ tinh truyền trong vùng này khi có mạng lưới máy thu tín hiệu vệ tinh GPS liên tục dày đặc hơn trên lãnh thổ Việt Nam. Mở rộng việc tính toán TEC sử dụng thông tin từ các hệ thống định vị toàn cầu khác như GLONASS, GALILEO tăng cường thông tin trong việc xây dựng các bản đồ TEC.

- Phát triển hướng nghiên cứu về nhiễu loạn điện ly, nhấp nháy điện ly phục vụ cho mục đích nghiên cứu vật lý điện ly và mục đích ứng dụng truyền sóng ở Việt Nam. Để có được kết quả chi tiết cần phải mở rộng thêm với các trạm thu tín hiệu GPS khác đặt ở Việt Nam và lân cận; kết hợp với các số liệu thăm dò thẳng đứng tầng điện ly và số liệu khác phát triển các nghiên cứu địa từ điện ly trong mối quan hệ Mặt Trời-Trái Đất, phục vụ nghiên cứu thời tiết không gian vũ trụ, một hướng nghiên cứu ngày càng được quan tâm trong kỷ nguyên vũ trụ hiện nay.

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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

6. Nguyễn Thanh Dung: “Nghiên cứu đặc trưng tầng điện ly ở Việt Nam theo số liệu ghi được tại trạm Bạc Liêu và Phú Thụ”, *luận văn thạc sỹ*, **2009**.
7. Hoàng Thái Lan, “Cấu trúc các lớp điện ly tại khu vực phía Nam trong giai đoạn Mặt trời hoạt động mạnh”, *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, **2003** pp. 222-228.
8. Hoàng Thái Lan, Nguyễn Thu Trang: “Một số đặc điểm của spread F xích đạo quan trắc tại Việt Nam”, *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, **2009**, 31 (4), pp. 368-373.
9. Hoàng Thái Lan, “Tầng điện ly xích đạo từ ở Việt Nam và dự báo thời tiết vũ trụ”, *Sách chuyên khảo ứng dụng và phát triển công nghệ cao*, **2013**.
10. Trần Thị Lan: “Quan sát điện ly và sự biến đổi của tầng điện ly tại Phú Thụ từ 1962 đến nay”, *luận văn thạc sỹ*, **2004**.
11. 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*, **2009**, T. 31(3), 212-223.
12. 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*, **2011**, T. 33(4), 681-689.
13. Lê Huy Minh và Phạm Văn Trì: “Biến thiên theo thời gian của lớp E và lớp F điện ly quan sát được tại đài điện ly Phú Thụ, Việt Nam”, *Tạp chí các khoa học về Trái đất*, **2001**, 23(1), 56-69.
14. Lê Huy Minh, Lan T. T., Hồng P. T. T., “Bão từ và bão điện ly ngày 6-7/04/2000 và ngày 31/03/2001 quan sát được tại Phú Thụ”, *Tạp chí các khoa học về Trái đất*, **2004**, 26(2), 122-135.
15. Lê Huy Minh, A. Bourdillon, R. Fleury, P. Lasudrie-Duchensne, Nguyễn Chiến Thắng, Trần Thị Lan, Trần Ngọc Nam, Hoàng Thái Lan, “Xác định

-
- hàm lượng điện tử tổng cộng tầng điện ly ở Việt Nam qua số liệu các trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS”, *Tạp chí Địa Chất*, **2006**, Vol. 296, N2, 54-62.
16. Lê Huy Minh, Nguyễn Chiến Thắng, Trần Thị Lan, R. Fleury, P. Lasudrie-Duchensne, A. Bourdillon, C. Amory-Mazaudier, Trần Ngọc Nam, Hoàng Thái Lan, “Ảnh hưởng của bão từ tới nồng độ điện tử tổng cộng vùng dị thường điện ly xích đạo Đông Nam Á quan sát được từ số liệu GPS”, *Tạp chí các khoa học về Trái đất*, **2007**, Vol. 29, N2, 104-112.
17. Nguyễn Chiến Thắng: “Hệ thống định vị toàn cầu và ứng dụng trong nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly”, *luận văn thạc sỹ*, **2007**.
18. Phạm Văn Trì, Tiến T. H., Hung P. M., Mai N. B., và Quỳnh C. K.: “Một số đặc điểm hình thái điện ly trên đài điện ly Hà Nội”, *Thành tựu nghiên cứu vật lý địa cầu*, **1997**, 355-378.

Tiếng Anh

19. J. Aarons: “Global morphology of ionospheric scintillations”, *Proc. IEEE*, **1982**, 70, 360-378.
20. J. Aarons, M. Mendillo and R. Yantosca: “GPS phase fluctuation in the equatorial region during sunspot minimum”, *Radio Science*, **1997**, Vol. 32, N.4, pp 1535-1550.
21. P. Abadi, S. Saito, and W. Srigutomo: “Low-latitude scintillation occurrences around the equatorial anomaly crest over Indonesia”, *Annales Geophys.*, **2014**, 32, 7-17.
22. M. A. Abdu: “Major phenomena of the equatorial ionosphere-thermosphere system under disturbed conditions”, *Journal of Atmos. And Solar-Terrestrial Phys.*, **1997**, Vol. 59, 1505-1519.
23. D. N. Anderson, Reinisch B., Valladare C., Chau J., Veliz O.: “Forecasting the occurrence of ionospheric scintillation activity in the equatorial ionospheric on a day-to-day basis”, *Journal of Atmos. And Solar-Terrestrial Phys.*, **2004**, Vol. 66, 1567-1572.

-
24. C. Amory-Mazaudier, Le Huy Minh, Y. Cohen, V. Doumbia, A. Bourdillon, R. Fleury, B. Fontaine, C. Ha Duyen, A. Koba, P. Laroche, P. Lassudrie Duchesne, H. Le Viet, T. Le Truong, H. Luu Viet, M. Menvielle, Nguyen Chien Thang, A. Nguyen Xuan, F. Ouattara, M. Petitdidier, H. Pham Thi, T. Pham Xuan, N. Philippon, Tran Thi Lan, H. Vu Thien, and P. Vila: "Sun-Earth System Interaction studies over Vietnam : an international cooperative project", *Annales Geophys.*, **2006**, 24, 3313-3327.
 25. W. W. Andrzej, L. Alfonsi, and M. Materassi,: "Ionospheric Irregularities, Scintillation and its effect on systems", *Acta Geophysica Polonica*, **2004**, V. 52, N.2.
 26. S. Banola, Pathan B. M., Rao D. R. K., and Chandra H.: "Spectral characteristics of scintillation producing ionospheric irregularities in the Indian region", *Earth Planets Space*, **2005**, 57, 47-59.
 27. S. Basu, S. Basu, J. Aarons, J.P. McClure, and M.D. Cousins: "On the coexistence of kilometer- and meter-scale irregularities in the nighttime equatorial F region", *Journal of Geophysical Research*, **1978**, 83 (A9), pp. 4219 - 4226.
 28. S. Basu, E. Kudeki, S. Basu, C. E. Valladares and E. J. Weber: "Scintillation, plasma drifts, and neutral winds in the equatorial ionosphere after sunset", *Journal of Geophysical Research*, **1996**, Vol. 101, N.A12, 26795-26809.
 29. S. Basu, Groves K.M., Quinn J.M. and Doherty P.,: "A comparison of TEC fluctuations and scintillations at Ascension Island", *Journal of Atmos. And Solar-Terrestrial Phys.*, **1999**, Vol. 61, 1219-1226.
 30. S. Basu, Groves K.M., Basu S., and Sultan P. J.: "Specification and forecasting of scintillation in communication/navigation links: current status and future plans", *Journal of Atmos. And Solar-Terrestrial Phys.*, **2002**, Vol. 64, 1745-1754.
 31. L. T. Beach and M. P. Kintner: "Simultaneous Global Positioning System observations of equatorial scintillations and total electron content

-
- fluctuation”, *Journal of Geophysical Research*, **1999**, Vol. 104, N.A10, 22553-22565.
32. L. T. Beach: “Perils of the GPS phase scintillation index (σ_{Φ})”, *Radio Science*, **2006**, Vol. 41, RS5S31, doi:10.1029/2005RS003356.
 33. Y. Beniguel, and Adam JP.: “Ionosphere Scintillation and their Effect on the Positioning Errors”, *IEEA, proccesding*, **2007**, France.
 34. Y. Beniguel,: “GISM – Global Ionospheric Scintillation Model”, *IEEA, GISM technical Manual*, **9/2011**.
 35. P. K. Bhuyan, Rashmi Rekha Borah: “TEC derived from GPS network in India and comparison with the IRI”, *Advances in Space Research*, **2006**, 39, 830-840.
 36. M. Blanc and Richmond: “The ionospheric disturbance dynamo”, *J. Geophys. Res.*, **1980**, 85, 1669-1686.
 37. A. M. Breed and Goodwin G.L.: Total electron content measurements in the southern hemisphere using GPS satellites,1991 to 1995, *Radio Science*, **1998**, Vol.33 (N.6), 1705-1726.
 38. S. C. Carrano, K. M. Groves and J. M. Griffin: “Empirical Characterization and Modeling of GPS Positioning Errors Due to Ionospheric Scintillation”, *Ionospheric Effects Symposim*, Alexandria, VA, **5/2005**.
 39. M. A. Cervera and R. M. Thomas: “Latitudinal and temporal variation of equatorial ionospheric irregularities determined from GPS scintillation observations”, *Ann.Geophys.*, **2006**, N.24, 3329-3341.
 40. H. Chandra, Vats H. O., Sethia G., Deshpande M. R., Rastogi R. G., Sastri J. H. and Murthy B. S.: “Ionospheric scintillatons associated with features of equatorial ionosphere”, *Ann.Geophys.*, **1979**, N.35, 145-151.
 41. V. Chauhan, Singh O. P., and Singh B.: “Diurnal and seasonal variation of GPS-TEC during a low solar activity period as observed at a low latitude station Agra”, *Indian Journal of radio & Space Physics*, **2011**, V. 40, pp 26-36.

-
42. W. S. Chen, Lee C. C., Liu J. Y., Chu F. D., and Reinisch B. W.,: “Digisonde spread F and GPS phase fluctuations in the equatorial ionosphere during solar maximum”, *Journal of Geophysical Research*, **2006**, Vol. 111, A12305.
 43. F. D. Chu, C. C. Lee, W. S. Chen and J. Y. Liu,: “A study of long-term climatology of ionospheric irregularities by using GPS phase fluctuation at the Brazilian longitudes”, *Advances in Space Research*, **2007**, doi:10.1016/j.asr.2007.05.003.
 44. R. Cohen, and K.L. Bowles: “On the nature of equatorial spread F”, *Journal of Geophysical Research*, **1961**, 66 (4), pp. 1081 – 1106.
 45. R. S. Conker, El-Arini M. B., C. J. Hegarty, T. Hsiao : “Modeling the Effects of Ionospheric Scintillation on GPS/SBAS Availability”, *Radio Science*, **2/2003**.
 46. V. Dierendonck, A. John Klobuchar, Quyen Hua: “Ionospheric Scintillation monitoring using commercial single frequency C/A code receivers”, *Proceedings of ION GPS-93*, **Sep. 1993**.
 47. S. Dubey, R. Wahi, A.K. Gwal: “Ionospheric effect on GPS positioning”, *Advances in Space Research*, **2006**, N.38, 2478-2484.
 48. B. Forte and Radicella S. M.,: ‘Problems in data treatment for ionospheric scintillation measurements’, *Radio Science*, **2002**, Vol. 37, N. 6.
 49. B. Forte and Radicella S. M.,: ‘Comparison of ionospheric scintillation models with experimental data for satellite navigation applications’, *Ann. Geophys*, **2005**, Vol. 48, N3.
 50. L. Guozhu, Baigi Ning, and Hong Yuan,: “Analysis of ionospheric scintillation spectra and TEC in the Chinese low latitude region”, *Earth planets space*, **2007**, 59, 279-285.
 51. J. K. Hargreaves: “ The solar-terrestrial environment”, *Cambridge*, Book, **1992**.

-
52. M. Hernandez – Pajares, Juan J.M. and Sanz J.,: “High resolution TEC monitoring method using permanent ground GPS receivers”, *Geophysical reseach letters*, **7/1997**, Vol. 24(13), 1643-1646.
53. B. Hofmann-Wellenhof , H. Lichtenegger, and J. Collins: “GPS Theory and Practice”, *Springer, Book*, **1992**.
54. Pham Thi Thu Hong, C. Amory-Mazaudier and M. Le Huy: “Time variations of the Ionosphere at the Northern tropical creast of ionization at Phuthuy, Vietnam”, *Ann. Geophys*, **2011**, N29, 197-207.
55. P. M. Kintner, Ledvina B. M., and Paula E. R.: “GPS and ionospheric scintillations”, *Space weather*, **2007**, Vol.5, S09003, doi:10.1029/2007W000260.
56. D. L. Knepp: “Effects of ionospheric scintillation on Transit satellite measurement of total electron content”, *Radio Science*, **2004**, Vol. 39.
57. A. Komjathy, Sparks L., Wilson B. D. and Mannucci A.J.,: “Automated daily processing of more than 1000 ground-based GPS receivers for studying intense ionospheric storms”, *Radio Science*, **2005**, vol. 40.
58. A. Krankowski, Irk I. Shagimuratov: “Impact of TEC fluctuations in the antarctic Ionosphere on GPS positioning”, *Artificial Satellites*, **2006**, V.41(1).
59. S. Kumar, Gwal, A. K.,: “VHF Ionospheric scintillation near the equatorial anomaly crest: solar and magnetic activity effects”, *Journal of Atmos. And Solar-Terrestrial Phys.*, **2000**, Vol. 62, 157-167.
60. Hoang Thai Lan, MacDougall, J. W.: “Equatorial ionospheric response to the major geomagnetic storms in 2003 year observed in South Vietnam”, *Journal of Geology*, **2008**, Series B (31 - 32), pp.101-109.
61. Hoang Thai Lan, Abdu, M.A., MacDougall, J. W., Batista, I. S.: “Longitudinal differences in the equatorial spread F characteristics between Vietnam and Brazil”, *Advances in Space Research*, **2010**, 45, pp. 351-360.
62. D. V. Lekshmi, N. Balan, S. Tulasi Ram, and J. Y. Liu: “Statistics of geomagnetic storm and ionospheric storms at low and mid latitudes in two

-
- solar cycles”, *Journal of Geophysical research*, **2011**, V.116, A11328, doi:10.1029/2011JA017042.
63. J. Y. Liu, Tsai H. F., and Jung T. K.: “Total electron content obtained by using the global positioning system”, *TAO*, **1996**, Vol. 7(1), 107-117.
64. J. Y. Liu, Tsai H. F., Wu C. C., Tseng C. L., Tsai L. C., Liou K., and Chao J. K.: “The effect of geomagnetic storm on ionospheric total electron content at the equatorial anomaly region”, *Advances in Space Research*, **1999**, Vol. 24(11), 1491-1494.
65. J. Liu, Zhao B., and Liu L.: “Time delay and duration of ionospheric total electron content responses to geomagnetic disturbances”, *Ann. Geophys*, **2010**, N28, 795-805.
66. G. Ma and T. Maruyama: “Derivation of TEC and Estimation of Instrumental Biases from Geonet in Japan”, *Ann. Geophys.*, **2003**, 21, 2083-2093.
67. A. J. Mannucci, Wilson, B. D., Yuan, D. N., Ho, C. M., Lindwister, U. J., Runge, T. F.: “A global mapping technique for GPS derived ionospheric total electron content measurements” *Radio Sci.*, **1998**, 33, 565-582.
68. Le Huy Minh and Amory-Mazaudier C.: “Magnetic signature of the ionospheric disturbance dynamo at equatorial latitudes: “Ddyn””, *Journal of Geophysical Research*, **2005**, Vol. 10, 10301-10314.
69. Le Huy Minh, 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*, **2014**, 54, 355-368.
70. T. Ogawa, Miyoshi Y., Otshuka Y., Nakamura T., and Shiokawa K.,: “Equatorial GPS ionospheric scintillation over Kototabang, Indonesia and their relation to atmospheric waves form below”, *Earth planets space*, **2009**, 61, 397-410.

-
71. T. Ondoh and K. Marubashi: “ Science of Space Environment ”, *IOS Press*, **2001**.
72. R. Orús, M. Hernasdez-Pajares, Juan J. M., Sanz J., Garcisa-Fernandez. “Performance of different TEC model to provide GPS ionospheric corrections”, *Journal of Atmospheric and Solar*, **2002**, 2055-2062.
73. Y. Otsuka, T. Ogawa, Saito A., Tsugawa T., Fukao S., and Miyazaki S.: “A new technique for mapping of total electron content using GPS network in Japan”, *Earth planets space*, **2002**, 54, 63-70.
74. F. Ouattara, C. Zoundi and R. Fleury,: “Comparison between CODG TEC and GPS based TEC observation at Koudougou in Burkina Faso”, *Indian Journal of radio & Space Physics*, **12/2012**, V. 41, pp 617-623.
75. B. W. Parkinson, James J. Spilker Jr.: “Global Positioning System: Theory and Applications”, *Volume I, Book, USA*, **1996**.
76. B. W. Parkinson, James J. Spilker Jr.: “Global Positioning System: Theory and Applications”, *Volume II, Book, USA* , **1996**.
77. X. Pi, A. J. Mannucci, Lindqwister U. J., and Ho. C. M.: “Monitoring of global ionospheric irregularities using the worldwide GPS network”, *Geophysical Research letters*, **1997**, Vol.24, N. 18, 2283-2286.
78. Rama Rao, P. V. S., Gopi Krishna, S., Niranjan, and Prasad, D. S. V. V. D.: “Study of spatial and temporal characteristics of L-band scintillation over the Indian low latitude region and their possible effects on GPS navigation”, *Ann. Geophys.*, **2006a**, 24, 1567-1580.
79. Rama Rao, P. V. S., Gopi Krishna, S., Niranjan, and Prasad, D. S. V. V. D.: “Temporal and spatial variations in TEC using simultaneous measurements from the Indian GPS network of receivers during the low solar activity period of 2004-2005”, *Ann. Geophys.*, **2006b**, 24, 3279-3292.
80. W. Rideout, and Anthea Coster: Automated GPS processing for global total electron content data, *GPS Solut.*, **2006**, Doi 10.1007.
81. H. Rishbeth and Owen K. Garriott: “Introduction to Ionospheric Physics”, *Academic Press, Book*, **1969**.

-
82. S. Saito, Maruyama T., Ishii M., Kubota M., Ma G., Chen Y., Li J., Duyen C. H., Truong T. L.,: “Observation of small to large scale ionospheric irregularities associated with plasma bubbles with a transequatorial HF propagation experiment and spaced GPS receivers”, *Journal of Geophysical research*, **2008**, V.113, A12313.
83. E. Sardon, Rius A., and Zarraoa N.: “Estimation of the transmitter and receiver differential biases and the ionospheric total electron content from Global Positioning System observations”, *Radio Science*, **1994**, vol. 29, 577-586.
84. S. Schaer: "Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere using the Global Positioning System", *Ph. D. thesis*, **1999**.
85. S. H. Skone: “The impact of magnetic storm on GPS receiver performance” , *J. of Geodesy*, **2001**, 75, 457-468.
86. R. M. Thomas, M. A. Cervera, Eftaxiadis K., Manurung S. L., Saroso S., Effendi, Ramli A. G., Hassan W. S., Rahman H., Dalimin M. N., Groves K. M., and Wang Y.,: “A regional GPS receiver network for monitoring equatorial scintillation and total electron content” , *Radio Science*, **2001**, vol. 36, 1545-1557.
87. S. Tiwari, S. Sarkar, Vishwakarma A., and Gwal A. K.,: “Effect of Magnetic activity on scintillation at Equatorial Region during Low Solar Activity” , *Advances in Physics Theories and Applications*, **2013**, vol. 19.
88. H. F. Tsai , J.Y. Liu, W. H. Tsai and C. H. Liu,: “Seasonal variations of the ionospheric total electron content in Asian equatorial anomaly regions” , *Journal of Geophysical Research* , **12/2001**, vol 106, 30.363-30.369.
89. T. Tsugawa, A. Saito, Y. Otsuka, M. Nishioka, T. Maruyama , H. Kato, T. Nagatsuma, and K. T. Murata,: “Ionospheric disturbances detected by GPS total electron content observation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake” , *Earth Planets Space*, **2011**, 63, 875–879.

-
90. R. T. Tsunoda: "On equatorial spread F: Establishing a seeding hypothesis", *Journal of Geophysical research*, **2010**, V.115, A12303, doi:10.1029/2010JA015564.
 91. C. E. Valladares, J. Villalobos, Sheehan R., and Hagan M.P.: "Latitudinal extension of low latitude scintillations measured with a network of GPS receivers", *Ann. Geophys.*, **2004a**, 22, 3155-3175.
 92. C. E. Valladares, and R. Sheehan: "A Latitudinal network of GPS receivers dedicated to studies of equatorial spread F", *Radio Sci.*, **2004b**, 39, RS1S23.
 93. J. A. Vladimer, M. C. Lee, Doherty P. H., Anderson D. N., and Decker D. T.: "Comparisons of TOPEX and Global Positioning System total electron content measurements at equatorial anomaly latitudes", *Radio Sci.*, **1997**, 32, 2209-2220.
 94. G. D. Vyas: "Study of low latitude ionospheric irregularities", *Ph. D. thesis*, **1979**.
 95. G. O. Walker, J. H. K. Ma and E. Golton: "The equatorial ionospheric anomaly in electron content from solar minimum to solar maximum for South East Asia", *Ann. Geophys.*, **1994**, N.12.
 96. R. Warnant and Eric Pottiaux,: "The increase of the ionospheric activity as measured by GPS", *Earth Planets space*, **2000**, Vol. 52, 1055-1060.
 97. B. D. Wilson, A. J. Mannucci, C. D. Edwards, and T. Roth: "Global ionospheric maps using a global network of GPS receiver", *International Beacom Satellite Symposium*, Cambridge, **1992**.
 98. J. S. Xu, J. Zhu, L. Li, 'Effects of a major storm on GPS amplitude scintillations and phase fluctuations at Wuhan in China', *Advances in Space Research*, **2007**, N.39, 1318-1324.
 99. K. C. Yell and Chao-Han Liu: "Radio wave scintillation in the ionosphere", *Proceedings of the IEEE*, **1992**, 70 (4).
 100. A. F. M. Zain, H. Y. Hwa, M. Abdullah, Rhazali Z.A., Abdullah S. and Marsimin M.F.:. "First Ionospheric Experimental campaign and Observation at Fraser's Hill, Malaysia: Total Electron Content (TEC) and

Scintillation Measurements”, **2005**, *Asian-Pacific Conference on applied electromagnetics proceedings*.

101. B. Zhao, W. Wan, and L. Liu: “Responses of equatorial anomaly to the October-November 2003 superstorms”, *Ann. Geophys.*, **2005**, 23, 693-706.
102. GSV GPS Silicon Valley, 2005: GSV4004/GSV4004A – GPS Ionospheric Scintillation & TEC Monitor, USER’S MANUAL.
103. [http://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_\(GPS\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(GPS)).
104. <http://www.aiub.unibe.ch/>
105. http://wdc.nict.go.jp/IONO/contents/E011_TECmap.html
106. <http://www.ips.gov.au/Satellite/2/1>
107. <http://www.ips.gov.au>