

SO SÁNH CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN LY QUAN TRẮC TẠI TP. HỒ CHÍ MINH VỚI MÔ HÌNH IRI-2007

ĐÀO NGỌC HẠNH TÂM, HOÀNG THÁI LAN, DƯƠNG VĂN VINH

E-mail: hanhtamdao@gmail.com

Viện Vật Lý Tp. HCM, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 30 - 12 - 2012

1. Mở đầu

Mô hình IRI (International Reference Ionosphere) được khởi xướng bởi Ủy ban Nghiên cứu Vũ trụ COSPAR (Committee on Space Research) và Hiệp hội Khoa học Vô tuyến Quốc tế URSI (International Union of Radio Science) vào cuối những năm 1960 với mục tiêu thiết lập một tiêu chuẩn quốc tế cho các thông số cơ bản của tầng điện ly dựa trên những số liệu đã được quan trắc tại mặt đất ở nhiều nơi trên thế giới và các số liệu quan sát bằng vệ tinh. COSPAR và URSI đặc biệt yêu cầu về một mô hình thực nghiệm để giải quyết những vấn đề còn chưa được hiểu biết một cách chắc chắn trong quá trình phát triển lý thuyết về tầng điện ly và những cơ chế kết nối giữa các tầng khí quyển. Một quan tâm chính của COSPAR là bức tranh mô tả chung về tầng điện ly như là một phần của môi trường không gian để đánh giá tác động môi trường lên các con tàu vũ trụ và các thí nghiệm trong không gian. Một quan tâm chính của URSI là nồng độ điện tử của tầng Điện ly để xác định trạng thái điện ly phục vụ cho truyền sóng vô tuyến và các ứng dụng khác. Để hoàn thành các mục tiêu này, một nhóm làm việc chung đã được thành lập vào năm 1969 với nhiệm vụ phát triển một mô hình thực nghiệm về tầng điện ly. Trong những năm qua, thành viên của nhóm nghiên cứu này đã tăng đến gần 60 chuyên gia, gồm những nhà khoa học có kinh nghiệm của nhiều nước trên thế giới.

Giải quyết những mâu thuẫn giữa các kết quả từ những kỹ thuật đo đạc khác nhau và điều chỉnh để có được độ tin cậy của các nguồn dữ liệu là nhiệm vụ quan trọng đầu tiên của đề án. Mô hình IRI đã được nâng cấp liên tục bởi các dữ liệu quan trắc và các phương pháp tiếp cận mô hình mới [3-

6, 14, 15], phát triển từ một tập hợp các điều kiện điển hình thành một mô hình toàn cầu cho tất cả các giai đoạn của một chu kỳ Mặt Trời. Mỗi năm IRI đều có hội thảo để phối hợp cải tiến và phát triển mô hình. Thông qua đề án IRI, các thành viên có thể truy cập hầu như toàn bộ nguồn số liệu điện ly mặt đất và vệ tinh của quốc gia và quốc tế. Mô hình IRI đã trở thành một mô hình khí hậu điện ly được sử dụng rộng rãi nhất. Các phiên bản online và các mã nguồn mở được nâng cấp và truy cập miễn phí.

Mô hình IRI mô tả các giá trị trung bình hàng tháng của mật độ điện tử, nhiệt độ điện tử, ion, các thành phần ion (O^+ , H^+ , N^+ , He^+ , O_2^+ , NO^+ , ...), và dịch chuyển ion trong phạm vi từ 50 đến 1500km [5, 6]. IRI là một mô hình bán thực nghiệm và dựa trên dữ liệu. Tính chính xác của mô hình trong một khu vực cụ thể phụ thuộc vào độ tin cậy của dữ liệu thu thập được của khu vực đó. Một trong những nguồn dữ liệu quan trọng nhất của IRI là mạng lưới các đài thăm dò điện ly toàn cầu. IRI dự đoán chính xác nhất cho vùng vĩ độ trung bình của Bắc bán cầu vì ở vùng này có mật độ trạm quan trắc dày đặc. Ở vùng vĩ độ cao và xích đạo, các thông số điện ly ít chính xác hơn vì các trạm quan trắc ở những vùng này thưa thớt.

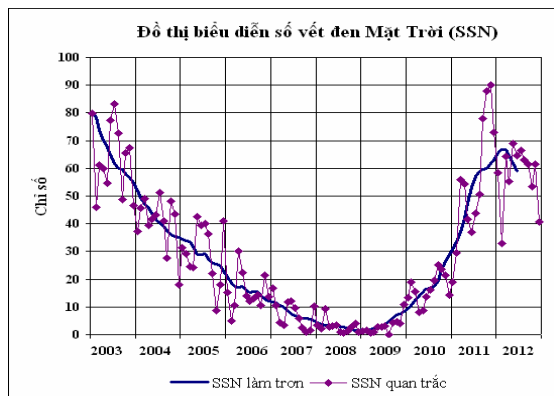
Các nghiên cứu trước đây về so sánh mô hình IRI-2001 với dữ liệu quan trắc tại các khu vực xích đạo được tiến hành bởi nhiều tác giả như Ologunleko A.O. và cộng sự [12] với dữ liệu quan trắc tại trạm xích đạo Ibanda (7.4°N, 3.9°E), De Medeiros RT. và cộng sự [7] quan trắc tại Natal (5.2°S, 36°W) trong khoảng gần chu kỳ cực đại của Mặt Trời với IRI trong điều kiện từ yên tĩnh và nhiễu loạn. Bhuyan P.K. và cộng sự [2] tính tổng nồng độ điện tử TEC (Total electron content) sử

dụng các máy thu tại 18 điểm ở Ấn Độ trong các năm 2003 và 2004 để nghiên cứu các biến thiên theo ngày, mùa và các biến đổi hàng năm của TEC và so sánh với mô hình IRI-2001. Các kết quả nghiên cứu đã được cập nhật vào phiên bản sau đó là IRI-2007.

Để xác định mức độ chính xác của mô hình IRI đối với khu vực xích đạo từ Việt Nam và hướng tới mục tiêu lựa chọn giải pháp cho phù hợp với nhu cầu ứng dụng tại Việt Nam, bài báo này trình bày kết quả so sánh các giá trị quan trắc tại Đài quan trắc khí quyển Hóc Môn (Tp. Hồ Chí Minh) và các giá trị tính từ mô hình IRI-2007 (website http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri_vitmo.html). Kết quả so sánh cho phép ta xem xét mức độ phù hợp của mô hình đối với khu vực Tp. Hồ Chí Minh nói riêng và khu vực vùng xích đạo từ Việt Nam nói chung.

2. Số liệu

Thời gian được lựa chọn trong nghiên cứu này là giai đoạn 2003 - 2012. Số vết đen Mặt Trời (Sunspot Number: SSN) trung bình của các năm trên như sau: 2003 = 63,7; 2004 = 40,4; 2005 = 29,8; 2006 = 15,2; 2007 = 7,5; 2008 = 2,9; 2009 = 3,1; 2010 = 16,5; 2011 = 55,7; 2012 = 55,7. Như vậy, thời điểm Mặt Trời hoạt động tương đối mạnh vào các năm 2003, 2004, 2011, 2012; hoạt động trung bình vào các năm 2005, 2006, 2010 và ở mức độ cực tiểu vào các năm 2007, 2008, 2009 (hình 1).



Hình 1. Biểu đồ số vết đen Mặt Trời quan trắc 2003 - 2012
(Nguồn: <http://www.sidc.oma.be/sunspot-data>)

Dữ liệu quan trắc gồm số liệu thăm dò thẳng đứng điện ly trên máy CADI và số liệu vệ tinh trên máy thu tín hiệu vệ tinh GPS-400B đặt tại Đài quan trắc Hóc Môn. Số liệu thăm dò thẳng đứng quan trắc từ năm 2003 đến 2012 (trừ năm 2007 và 2008 máy dùng để sửa chữa và nâng cấp) được xử lý từ điện ly đồ 15 phút/lần và tính trung bình giờ

hàng ngày cho tần số tới hạn đặc trưng của lớp điện ly F2 [9]. Số liệu vệ tinh từ 2005 đến 2012 được tính nồng độ điện tử tổng cộng thẳng đứng (vTEC), trung bình giờ hàng ngày theo giờ địa phương [11, 10].

Mô hình IRI-2007 được sử dụng với dữ liệu đầu vào gồm: tọa độ địa lý của đài Hóc Môn (10°51N, 106°33E); chọn mốc thời gian địa phương (LT); số vết đen Mặt Trời (trung bình hàng tháng được lấy từ trung tâm dữ liệu Mặt Trời SIDC của Bỉ tại website <http://www.sidc.oma.be/sunspot-data/>); lấy giá trị biên trên của khí quyển cho dữ liệu TEC là 2000km, các mô hình đi kèm được mặc định, chẳng hạn như dùng NeQuick cho biên trên của nồng độ điện tử, mô hình của USRI cho đỉnh lớp F, mô hình có nhiễu loạn từ, v.v... Dữ liệu đầu ra tính theo từng giờ mỗi ngày từ năm 2003 đến năm 2012.

3. Phương pháp phân tích

Các tham số dùng để phân tích mức độ phù hợp giữa hai bộ số liệu được tính từ các công thức sau:

Hệ số tương quan biểu diễn mức độ phù hợp cao hay thấp của hai dữ liệu quan trắc và mô hình. Mức độ tương quan của hai dữ liệu càng cao khi giá trị R càng gần bằng 1.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Hệ số góc k của đường hồi quy tuyến tính được lấy từ đường thẳng tuyến tính $y = kx + b$ của các giá trị quan trắc và mô hình. Hai dữ liệu càng phù hợp khi giá trị $k \approx 1$ ($k > 1$ thể hiện các giá trị tính theo mô hình cao hơn số liệu quan trắc và ngược lại).

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - k\bar{x} \quad (3)$$

Trong đó:

- n là số các giá trị dữ liệu của mô hình và quan trắc được đưa vào so sánh.

- x và y tượng trưng lần lượt cho dữ liệu CADI và IRI.

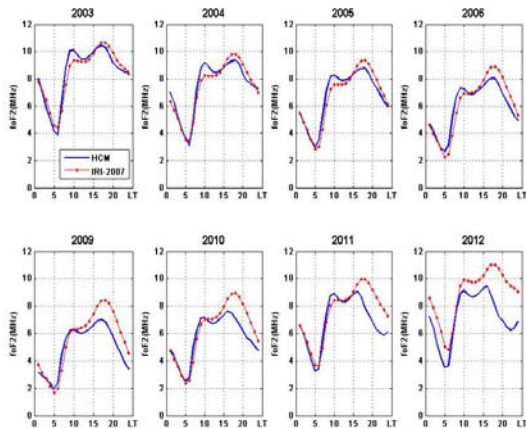
- \bar{x} và \bar{y} là các giá trị trung bình của x và y.

4. Kết quả

4.1. So sánh kết quả quan trắc tần số thăm dò thẳng đứng với mô hình IRI

Trên hình 2, các đường liền nét biểu diễn giá trị tần số tới hạn tính trung bình giờ của lớp điện ly F2 quan trắc bằng máy thăm dò thẳng đứng CADI và các đường chấm biểu diễn các tần số tới hạn tương ứng tính từ mô hình IRI.

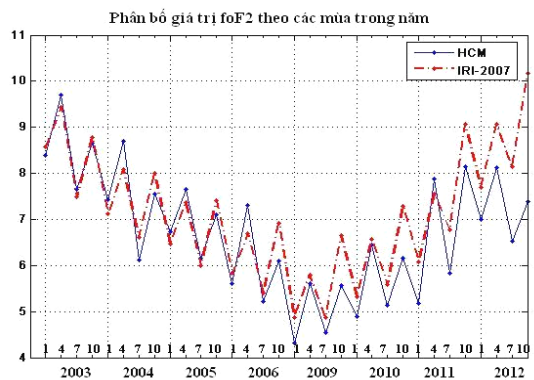
Các số liệu so sánh biến thiên trung bình giờ hàng ngày của các năm 2003-2011 cho thấy mức độ phù hợp của chúng trong các năm giai đoạn 2003-2006 khá cao với sai số trong phạm vi dưới 15%. Mức độ chênh lệch cao trong giai đoạn này tập trung ở một số thời điểm cực tiểu và cực đại trong ngày của foF2 vào khoảng 20%. Trong giai đoạn 2009 đến 2012 thì kết quả so sánh có sự phù hợp cao trong khoảng thời gian buổi sáng trước khi tần số tới hạn đạt cực đại nhỏ lúc 10 giờ, sai số ở mức 10% (trừ năm 2012 có sự chênh lệch lớn từ 0 đến 6 giờ). Từ sau cực đại nhỏ, giá trị IRI không ngừng tăng cao và chênh lệch khá lớn, vào khoảng 25 đến 30%, và mức độ chênh lệch này có xu hướng ngày càng cao. Đặc biệt năm 2012 các số liệu mô hình dự đoán cao hơn hẳn so với số liệu quan trắc thực (hình 2).



Hình 2. Biến thiên thông số foF2 giữa IRI - 2007 và giá trị quan trắc tại Tp. HCM

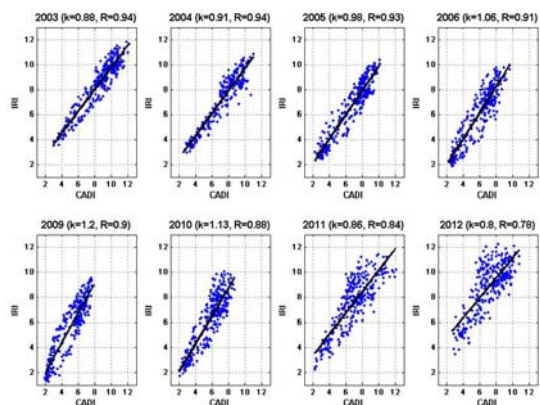
Hình 3 hiển thị độ chênh lệch giữa 2 số liệu theo mùa ở các thời điểm Xuân, Thu phân (tháng 4, 10) và Đông, Hạ chí (tháng 1, 7). Số liệu cho ta thấy rằng giá trị foF2 cao vào các tháng phân, thấp vào các tháng chí, và biến thiên theo độ hoạt động của Mặt Trời. Độ chênh lệch cao thấp giữa hai dữ

kiện hầu như không có sự phụ thuộc theo mùa mà có sự phù hợp tốt trong giai đoạn nửa sau chu kỳ 23 và dữ liệu mô hình cao hơn hẳn vào giai đoạn nửa đầu chu kỳ 24. Nguyên nhân của sự chênh lệch này một phần chính là phiên bản IRI-2007 đã có sự hiệu chỉnh bởi dữ liệu quan trắc ở một vài trạm trên thế giới ở các năm trước nên kết quả mô hình phù hợp hơn với số liệu quan trắc tại khu vực Tp. HCM. Với sự chênh lệch lớn trong chu kỳ 24 này cho thấy rằng số liệu IRI đã có những ước đoán quá cao và cần hiệu chỉnh giảm cho phù hợp với trạng thái điện ly thực tế quan trắc được tại khu vực này.



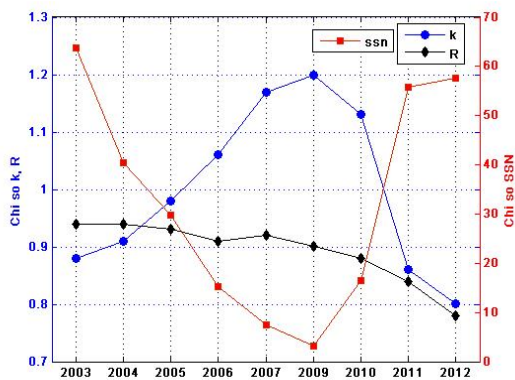
Hình 3. Biến thiên thông số foF2 các mùa trong năm quan trắc 2003 - 2012

Hình 4 biểu diễn tổng quát tất cả các giá trị trung bình hàng giờ của foF2 quan trắc và mô hình cho các năm. Trục x biểu diễn các giá trị quan trắc CADI, trục y biểu diễn giá trị mô hình IRI. Trên tiêu đề mỗi hình có ghi năm và giá trị hệ số góc k của đường hồi qui tuyến tính và hệ số tương quan R. Các kết quả thể hiện trên hình 4 cho thấy rằng, có sự phù hợp khá tốt giữa số liệu quan trắc và mô hình với $k \geq 0,8$.



Hình 4. Biểu đồ so sánh dữ liệu giữa CADI và IRI

Kết quả cũng cho ta thấy một điều khá thú vị trong mối quan hệ nghịch giữa độ hoạt động của Mặt Trời và hệ số k (hình 5). Trong các năm độ hoạt động Mặt Trời thấp với chỉ số vết đen nhỏ hơn 40 (như các năm từ 2006 đến 2010) thì hệ số $k > 1$, điều này cho thấy giá trị tính theo mô hình cao hơn số liệu quan trắc. Các năm số vết đen cao hơn (như 2003, 2004, 2005, 2011 và 2012) thì $k < 1$ cho thấy giá trị tính theo mô hình thấp hơn số liệu quan trắc.



Hình 5. Biểu đồ biến thiên của thông số k , R và SSN theo thời gian

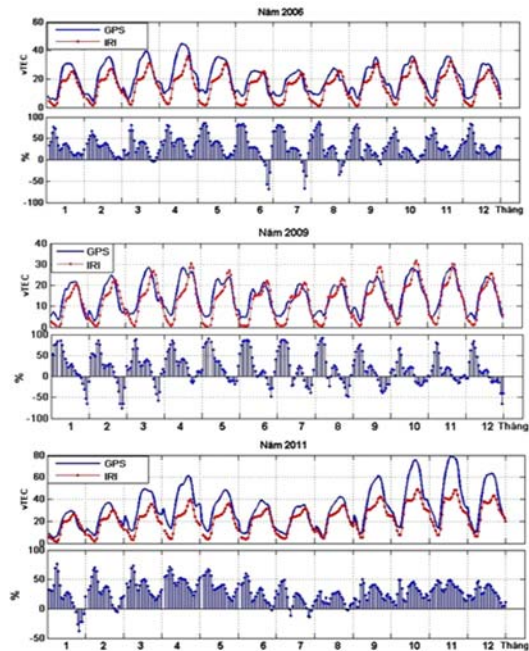
Biến thiên R có chiều hướng thấp dần trong các năm gần đây cho thấy trạng thái điện ly quan trắc trong các năm gần đây tại Tp. HCM có phần thay đổi dần khác xa với dự đoán trong mô hình. Điều này chứng tỏ cần có sự quan trắc theo dõi và điều chỉnh mô hình cho phù hợp.

4.2. So sánh tổng nồng độ điện tử quan trắc theo đường truyền thẳng đứng ($vTEC$) và mô hình IRI

Trên hình 6, các số liệu $vTEC$ (đơn vị $tecu = 10^{16} \text{ electron/m}^2$) quan trắc và mô hình được tính hàng ngày và lấy trung bình hàng tháng của 3 năm tượng trưng là 2006, 2009 và 2011 biểu diễn ở khung hình trên, khung hình dưới biểu diễn % sai lệch của hai giá trị $vTEC$.

Phân bố mùa tại khu vực Tp. HCM vào các tháng như sau: mùa xuân (tháng 3, 4, 5), mùa hạ (6, 7, 8), mùa thu (9, 10, 11) và mùa đông (12, 1, 2). Kết quả quan trắc và mô hình IRI đều cho thấy rằng tổng nồng độ điện tử cao vào các tháng phân (Xuân và Thu) và thấp vào các tháng chí (Đông và Hạ). Phân tích số liệu cho thấy sự chênh lệch giữa GPS TEC và IRI TEC nhiều vào các giờ buổi sáng sớm, từ 0 giờ đến 7 giờ địa phương, với mức độ chênh lệch hơn 50%. Ở các thời điểm này trong các năm Mặt Trời hoạt động yếu, giá trị tính theo mô

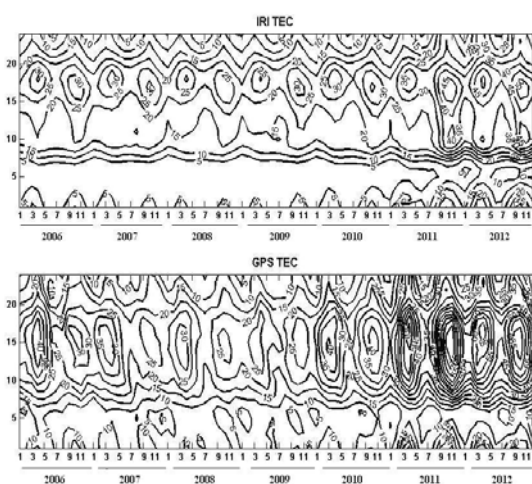
hình thường ở 0,5 đến 2 tecu, trong khi giá trị quan trắc trung bình vào khoảng 5 tecu. Kết quả này phù hợp với kết quả của Adewale A.O và cộng sự so sánh các giá trị TEC thu nhận tại Lagos, Nigeria ($6.5^\circ N$ và $3.4^\circ E$), phân tích trong năm 2009 cho 4 mùa Xuân Hạ Thu Đông theo điểm phân và chí [1], và Kenpankho P. và cộng sự [8] với máy thu đặt tại Chumphon, Thái Lan ($10.72^\circ N$, $99.37^\circ E$) tiến hành so sánh trong giai đoạn 2004 - 2006.



Hình 6. Biến thiên TEC của dữ liệu vệ tinh thu nhận tại Tp. HCM và mô hình IRI-2007

Kết quả thống kê cũng cho thấy rằng, các năm Mặt Trời hoạt động yếu như 2007, 2008, 2009 thì IRI TEC thường thấp hơn GPS TEC, trong khoảng thời gian từ 0 giờ đến 15 giờ địa phương. Các giờ buổi chiều tối thì IRI TEC có cao hơn GPS TEC một chút. Các năm Mặt trời hoạt động trung bình và mạnh 2005, 2006, 2010, 2011, 2012 thì hầu như GPS TEC cao hơn hẳn IRI TEC trong hầu hết các khoảng thời gian trong ngày. Kết quả này ngược với nghiên cứu của Olwendo O.J. và cộng sự khi so sánh các mùa trong giai đoạn 2004-2006 tại trạm Malindi ($2.9^\circ S$, $40.1^\circ E$) [13]. Số liệu quan trắc trong một số tháng cho thấy, hình thái biến thiên của TEC chỉ có một đỉnh vào giữa trưa, không có dạng một đỉnh thấp vào ~10 giờ sáng và đỉnh cao vào ~ 13 giờ buổi chiều như mô hình. Giữa số liệu quan trắc và mô hình có hình thái biến thiên phù hợp nhất là năm độ hoạt động Mặt Trời cực tiểu.

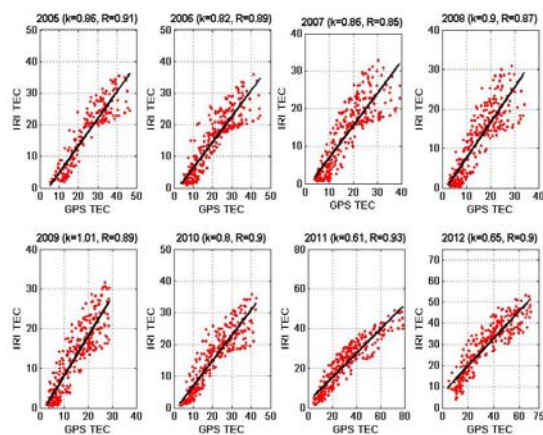
Hình 7 biểu diễn biến thiên ngày đêm và theo mùa của GPS TEC và IRI TEC. Trục x biểu diễn các tháng dữ liệu trong năm, từ năm 2006 đến 2012. Trục y biểu diễn 24 giờ trong ngày theo giờ địa phương. Các giá trị mô hình và quan trắc đều cho thấy các cực đại xuất hiện vào các tháng chí (tháng 3 đến 5 và tháng 9 đến 11). Một điểm khác biệt rõ giữa hai dữ liệu là đỉnh của GPS TEC cao vào lúc 10 giờ đến 20 giờ địa phương thay vì từ 15 đến 20 giờ như mô hình. Sự biến thiên của vTEC theo mức độ hoạt động Mặt Trời cũng được thể hiện trên số liệu, tuy nhiên, biến thiên theo mô hình có sự thay đổi chậm hơn.



Hình 7. Biến thiên ngày đêm và theo mùa của dữ liệu vTEC theo mô hình IRI-2007 và số liệu thu GPS tại Tp. HCM

Hình 8 biểu diễn vTEC mô hình và quan trắc trong các năm từ 2006 đến 2012. Ta thấy rằng, với giá trị hệ số góc của đường thẳng tuyến tính $k > 0.8$ trong các năm từ 2006 đến 2010 thì hai bộ dữ liệu này biến thiên khá phù hợp nhau. Riêng năm 2011 và 2012, giá trị hệ số k này trong khoảng 0.61 đến 0.66 cho thấy rằng giá trị GPS TEC khá lớn so với mô hình. Độ chênh lệch này tập trung vào các tháng 3, 4, 9, 10, 11, 12 năm 2011 quan sát trong hình 6. Nguyên nhân chính của sự chênh lệch này có thể là do độ hoạt động của Mặt Trời ở các tháng này tăng cao (hình 1) dẫn đến tổng nồng độ điện tử TEC thu nhận được rất cao mà mô hình chưa có sự hiệu chỉnh tương ứng. Vào các năm cực tiểu của hoạt động Mặt Trời (2007, 2008, 2009), hầu hết các giá trị quan trắc và giá trị mô hình phù hợp với nhau hơn; như vậy, vào thời gian có sự ion hoá thấp thì các giá trị thực nghiệm và mô hình chênh lệch ít hơn những thời gian có sự ion hoá cao. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Scidá, L.A. và cộng

sự [16] tổng kết cho toàn bộ vùng Nam Mỹ về tính khả thi của IRI-2007 áp dụng trong tính toán TEC.



Hình 8. Biểu đồ tổng hợp so sánh vTEC giữa mô hình IRI-2007 và số liệu thu nhận tại Tp. HCM

4. Kết luận

Kết quả so sánh số liệu quan trắc với mô hình IRI-2007 cho thấy:

- Giai đoạn 2003-2006 cho thấy mức độ phù hợp tốt của thông số foF2 giữa số liệu quan trắc và dữ liệu theo mô hình với sai số trong phạm vi dưới 15%. Mức độ chênh lệch cao trong giai đoạn này chỉ tập trung ở một số thời điểm cực tiểu và cực đại của foF2 với khoảng 20%. Trong giai đoạn 2009 đến 2012 thì có sự phù hợp cao vào thời gian buổi sáng trước khi tần số tới hạn đạt cực đại thứ nhất lúc 10 giờ, sai số ở mức 10% (trừ năm 2012 có sự chênh lệch lớn từ 0 đến 6 giờ). Từ sau cực đại thứ nhất, giá trị IRI tăng cao và độ chênh lệch khá lớn, vào khoảng 25 đến 30%. Mức độ chênh lệch này có xu hướng ngày càng cao, đặc biệt là năm 2012 các số liệu mô hình cao hơn hẳn so với số liệu quan trắc thực.

- Vào những năm Mặt Trời hoạt động yếu (với SSN<40), giá trị foF2 tính theo mô hình cao hơn số liệu quan trắc, và ngược lại vào những năm số vết đen SSN>40 thì số liệu quan trắc có giá trị cao hơn giá trị tính theo mô hình. Đây cũng là một lưu ý trong việc hiệu chỉnh mô hình điện ly quan trắc tại khu vực này.

- Hiện tượng lốm giữa trưa của các giá trị TEC không thể hiện rõ trên số liệu quan trắc tại khu vực Tp. HCM. Hiện tượng này chỉ quan sát được ở một vài tháng từ tháng 4 đến tháng 9 so với kết quả IRI TEC.

- Giá trị cao nhất của GPS TEC tại Tp. HCM quan trắc được vào khoảng 14 giờ địa phương. Thời gian đạt nồng độ điện tử cao kéo dài hơn so với mô hình, từ khoảng 10 đến 20 giờ địa phương vào thời gian Mặt Trời hoạt động mạnh và từ khoảng 15 đến 19 giờ địa phương ở giai đoạn Mặt Trời hoạt động yếu. Giá trị IRI TEC vào các giờ buổi sáng sai lệch khá lớn, vì vậy cần có sự hiệu chỉnh lại.

Chúng tôi hy vọng rằng những kết quả này và những công việc liên quan trong tương lai sẽ cung cấp thông tin hữu ích cho việc xây dựng một mô hình IRI sử dụng phù hợp cho khu vực Việt Nam.

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Chương trình “Hỗ trợ cán bộ nghiên cứu trẻ” năm 2012 của Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Adewale A.O., Oyeyemi E.O., Adeniyi J.O., Adeloye A.B., Oladibo O.A.*, 2011: Comparison of total electron content predicted using IRI-2007 model with GPS observations over Lagos, Nigeria, *Indian Journal of Radio and Space Physics*, Volume 40, 21-25.

[2] *Bhuyan P.K., Rashmi Rekha Borah*, 2006: TEC derived from GPS network in India and comparison with the IRI, *Advances in space Research* 39, 830-840.

[3] *Bilitza D., Rawer K.*, 1996: *International Reference Ionosphere in the Upper Atmosphere - Data Analysis and Interpretation*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 735-772.

[4] *Bilitza D.*, 2001: International reference ionosphere 2000, *Radio Science*. 36(2), 261-276

[5] *Bilitza D.*, 2006: *The International Reference Ionosphere - Climatological Standard for the Ionosphere*, Meeting proceedings RTO-MP-IST-056, PP 32, Neuilly-sur-Seine, France.

[6] *Bilitza D., Reinisch B.W.*, 2008: International Reference Ionosphere 2007: Improvements and new parameters, *Advances in Space Research* 42, pp. 599-609.

[7] *De Medeiros R.T., Souza J.R., Abdu M.A., Batista I.S., Sobral J.H.A., and Borba G.L.*, 2003: Comparisons of IRI model and electron Density Data for the Sub-equatorial station, NaTal,

Advance of Science Research, Vol.31, No.3, 557-561.

[8] *Kenpankho P., Watthanasangmechai K., Supnithi P., Tsugawa T., Maruyama T.*, 2011: Comparison of GPS TEC measurements with IRI TEC prediction at the equatorial latitude station, Chumphon, Thailand, *Earth Planets and Space*, Volume 63, Issue 4, 365-370.

[9] *Hoàng Thái Lan, Vĩnh Hào, Dương Văn Vinh, Đào Ngọc Hạnh Tâm*, 2012: Dự báo foF2 điện ly xích đạo từ Việt Nam và ứng dụng cho truyền sóng vô tuyến HF. Tuyển tập báo cáo hội nghị Khoa học quốc tế Vật lý Địa cầu, hợp tác và phát triển bền vững, Nxb. KH Tự nhiên và Công nghệ, 63-69.

[10] *Trần Thị Lan, Lê Huy Minh*, 2010: 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.

[11] *Lê Huy Minh, Bourdillon A., Duchesne P.L., Fleury R., Nguyễn Chiến Thắng, Trần Thị Lan, Ngô Văn Quân, Lê Trường Thanh, Trần Ngọc Nam, Hoàng Thái Lan*, 2006: Xác định nồng độ 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*, A. 296, 54-62.

[12] *Ologunleko A.O. and Kolawole L.B.*, 2000: Low Latitude Model Electron Density Profiles Using the IRI and CCIR Models, *Nigeria Journal of Pure and Applied Physics*, Vol.1, 33-36.

[13] *Olowendo O. J., Baki P., Cilliers P. J., Mito C., Doherty P.*, 2011: Comparison of GPS TEC measurements with IRI-2007 TEC prediction over the Kenyan region during the descending phase of solar cycle 23, *Advances in Space Research*, Volume 49, Issue 5, 914-921.

[14] *Rawer K., Bilitza D.*, 1990: International Reference Ionosphere - Plasma Densities, *Advances in Space Research*, 10, 8, pp. 5-14.

[15] *Rawer K., Bilitza D., Ramakrishnan S., Sheikh M.*, 1978: Intentions and buildup of the International Reference Ionosphere in: *Operational Modeling of the Aerospace Propagation Environment*, AGARD Conf. Proc. vol. 238, 1-10.

[16] *Scidá L. A., Ezquer R. G., Cabrera M. A.*,

Mosert M., Brunini C., Buresova D., 2011: On the South American sector, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 81, 50-58.

SUMMARY

A comparison of ionospheric parameters observed over Ho Chi Minh City with IRI-2007 predictions

This paper presents the results of comparisons the foF2 and TEC observed over Ho Chi Minh City with the values calculated according to the International Reference Ionosphere IRI-2007 in order to evaluate the applicability of the model in forecasting for the equatorial region of Vietnam. The results show a quite consistent of the critical frequency foF2 and total electron content TEC in some periods. IRI foF2 values fit well with the observed data for the years before 2007. The standard deviation in these years is about 15%. Only at few of maximum and minimum, the deviations are about 20%. In the years with low solar activities, the IRI foF2 are almost higher than the observed foF2 data. The IRI foF2 values for the first half of 24th solar cycle are bigger than observed foF2, especially during evening. For this period, the adjustment of IRI foF2 must reduce in the range of 25 to 30%. The comparison of the total electron content TEC shows that the phenomenon of decline in the TEC at noon observed over Ho Chi Minh City is highly weak. This phenomenon appeared only in the summer, when the ionization is high. In Solar minimum period, the average minimum TEC observed over Ho Chi Minh City is about 5 tecu, while the IRI TEC value is smaller than 2. Thus, in the period from 0 to 7 pm local time, the IRI TEC value should be calibrated.