

ĐÁNH GIÁ QUAN HỆ GIỮA HÀM LƯỢNG HƠI NƯỚC KHÍ QUYỂN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐỊNH VỊ TUYỆT ĐỐI BẰNG GPS Ở VIỆT NAM

LÊ HUY MINH, PHẠM XUÂN THÀNH, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN,
R. FLEURY, P. LASSUDRIE DUCHESNE, A. BOURDILLON, C. AMORY-MAZAUDIER,
TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN

I. MỞ ĐẦU

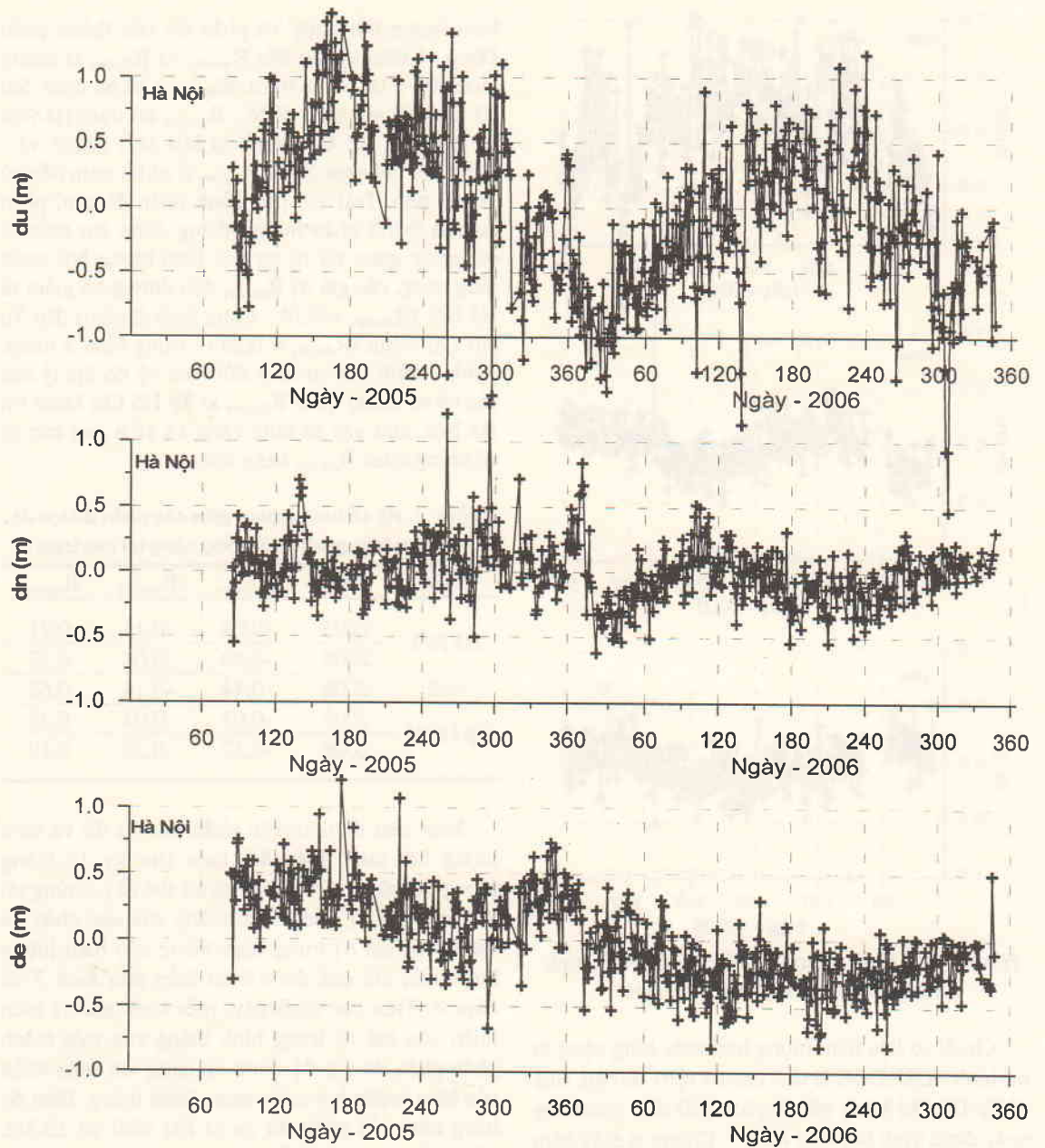
Tín hiệu truyền từ các vệ tinh của hệ thống định vị toàn cầu (GPS) tới một máy thu trên mặt đất bị ảnh hưởng đáng kể bởi tầng điện ly và tầng khí quyển. Môi trường điện ly (môi trường tán xạ) tạo nên sự trễ khác nhau đối với hai tần số f_1 và f_2 phụ thuộc vào mật độ điện tử trong tầng điện ly. Với công nghệ GPS hai tần số, việc sử dụng các sự trễ này có thể tính toán nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly, vì vậy ảnh hưởng của tầng điện ly có thể được loại trừ trong ứng dụng GPS với mục đích định vị. Tầng đối lưu ảnh hưởng tới sự truyền tín hiệu GPS phức tạp hơn, để xử lý ảnh hưởng này, hiện nay thường dùng các phần mềm chuyên dụng trong xử lý số liệu GPS như phần mềm Gamit [1, 2, 4], phần mềm Bernese, phần mềm Gipsy-Oasis... Trong khuôn khổ hợp tác giữa Viện Vật lý Địa cầu và Trường Đại học Rennes 1, Trường Viễn thông Quốc gia Bretagne (Cộng hòa Pháp) ba trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS liên tục được đặt tại Hà Nội, Huế và thành phố Hồ Chí Minh từ đầu năm 2005 và 2006. Việc sử dụng số liệu của các trạm thu GPS liên tục này trong nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly đã được giới thiệu trong [9, 10]. Bài báo này trình bày kết quả đánh giá mức độ ảnh hưởng của tầng khí quyển tới độ chính xác của sự định vị tuyệt đối bằng ba máy thu GPS đã nêu. Trên cơ sở so sánh các phần dư của tọa độ xác định bằng các máy thu GPS và hàm lượng hơi nước tổng cộng tính được từ mô hình tái phân tích số liệu khí quyển ở phạm vi toàn cầu cho ba vị trí đặt trạm GPS có thể thấy ảnh hưởng quan trọng của tầng khí quyển tới việc định vị bằng công nghệ GPS ở Việt Nam.

II. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Số liệu dùng trong bài báo này là số liệu GPS liên tục của ba trạm thu GPS ở nước ta [9-11]. Đây

là các máy thu GPS loại GSV4004 của hãng NovAtel. Các tham số quan sát được của các máy thu GPS loại này là: C1, L1, D1, S1, P2, L2, D2 và S2. Trong đó C1 và P2 là các giả khoảng cách mã C/A và mã Y, L1 và L2 là phép đo pha, D1 và D2 là các tần số Doppler, S1 và S2 là cường độ tín hiệu ở các tần số GPS f_1 và f_2 tương ứng. Đi kèm với các máy thu này có phần mềm cho phép xác định tọa độ và độ cao của vị trí quan sát tại từng thời điểm quan sát kiểu xác định tọa độ tuyệt đối bằng một máy thu GPS. Như trong [9] chúng ta thấy số các vệ tinh ít nhất mà 3 máy thu GPS của chúng tôi quan sát được thường là 6, thông thường là 9 đến 11 vệ tinh, do đó nói chung tại mọi thời điểm quan sát đều có thể xác định được tọa độ tuyệt đối của các trạm. Tuy nhiên chúng ta sẽ thấy trong bài báo, việc xác định tọa độ tuyệt đối bằng các máy thu GPS GSV4004 có độ chính xác tới cỡ met. Ngày nay người ta có thể tiến hành các phép đo trắc địa bằng công nghệ GPS với độ chính xác cỡ milimet, đó là phương pháp GPS vi phân được ứng dụng với mục đích đo đạc dịch chuyển của vỏ Trái Đất [6].

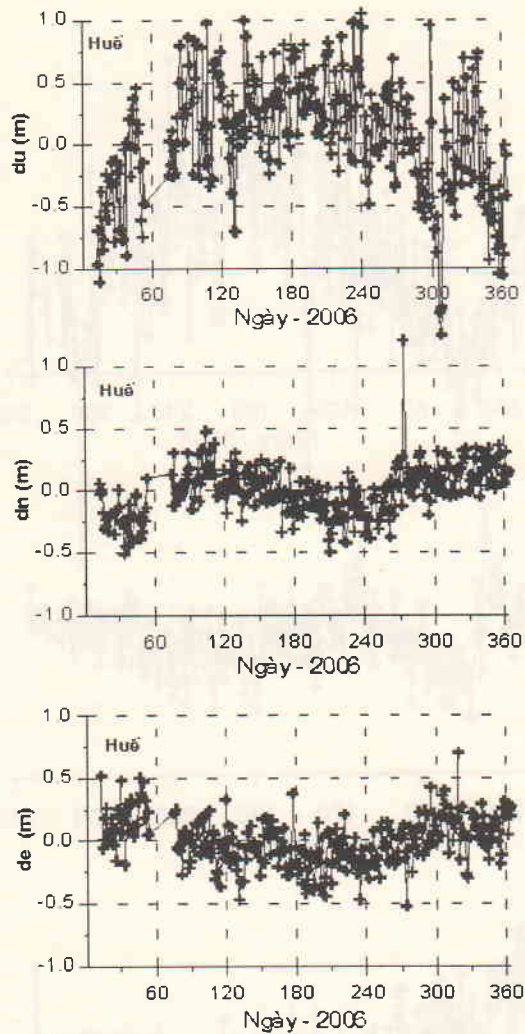
Sử dụng chương trình convert4 [11] trong phần mềm OEM4 PC đi kèm với các máy thu GSV4004 có thể thu được chuỗi số liệu tọa độ và độ cao của vị trí đặt các anten thu (nóc nhà Viện Vật lý Địa cầu, nóc Trường Đại học khoa học Huế và nóc Đài quan sát điện ly Hóc Môn) từng thời điểm quan sát (từng phút hoặc từng 30 giây; đối với trạm Hà Nội có số liệu từng giây, chúng tôi tính số liệu tọa độ và độ cao cũng cho từng phút một). Giao diện sử dụng chương trình convert4 trình bày trên hình 1. Trong "Selected" có thể dùng "Edit" lựa chọn "BESTPOSA" để lấy ra tọa độ và độ cao vị trí quan sát; tương tự trong "Time" có thể dùng "Edit" để lựa chọn bước thời gian lấy số liệu. Sau khi thu được chuỗi số liệu



Hình 2. Các phần dư tọa độ de, dn, du trung bình ngày quan sát được tại trạm Hà Nội

với các trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh tương ứng trong khoảng thời gian 2 năm 2005-2006 (trạm Huế chỉ có số liệu từ đầu năm 2006). Chúng ta có thể thấy tại mỗi trạm, phần dư du biến đổi liên tục từ ngày này sang ngày khác với biên độ khoảng 1-2 m đôi khi lớn hơn, các phần dư dn và de cũng vậy nhưng với biên độ khoảng 0,5-1 m hoặc hơn; mức độ biến đổi ở trạm Huế dường như nhỏ nhất, còn lớn nhất ở trạm Tp Hồ Chí Minh. Trong mỗi năm, số liệu các phần dư du có một cực đại rõ rệt

vào khoảng giữa năm (tháng 7) và cực tiểu vào cuối và đầu năm (tháng 12 và tháng 1). Toàn bộ chuỗi số liệu trong hai năm phần du biến đổi phần lớn trong khoảng ± 1 m, còn thành phần de và dn biến đổi trong khoảng $\pm 0,5$ m. Như vậy có thể nói độ chính xác của việc xác định tọa độ tuyệt đối bằng các máy thu GPS loại GSV4004 là cỡ 1-2 m, kết quả này phù hợp kết quả xác định tọa độ tuyệt đối bằng các loại máy thu GPS 2 tần số khác [5].



Hình 3. Các phân dư tọa độ de , dn , du trung bình ngày quan sát được tại trạm Huế

Chuỗi số liệu hàm lượng hơi nước tổng cộng từ mô hình NCEP/DOE-II tính cho ba vị trí Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh với độ phân giải thời gian hàng ngày được trình bày trên hình 5. Chúng ta thấy hàm lượng hơi nước tổng cộng cũng biến đổi từ ngày nọ sang ngày kia, cũng với một cực đại rõ rệt vào khoảng mùa hè (tháng 6-7) và cực tiểu vào mùa đông (tháng 12-1). Như trên đã nêu để xem xét mối tương quan giữa các phân dư tọa độ và phân dư độ cao với hàm lượng hơi nước trong khí quyển chúng tôi đã tính tương quan chéo giữa chúng.

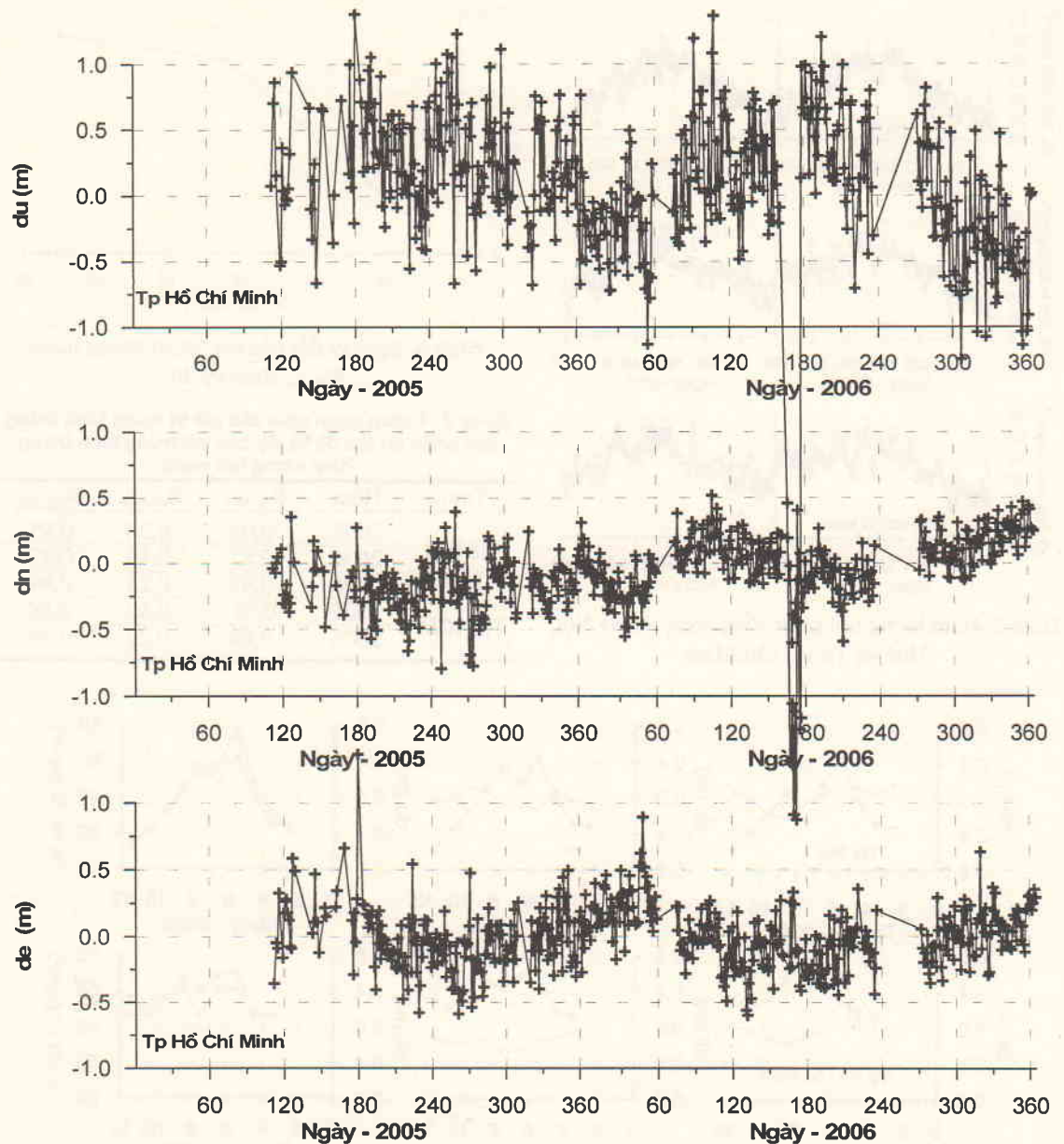
Bảng 1 trình bày hệ số tương quan giữa các phân dư tọa độ và hàm lượng hơi nước trong hai năm 2005 và 2006 tại các trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh. Chúng ta thấy rõ ràng tương quan giữa

hàm lượng hơi nước và phân dư của thành phần Đông và thành phần Bắc R_{de-iwv} và R_{dn-iwv} là tương quan âm ở tất cả ba trạm. R_{de-iwv} ở cả ba trạm đều cỡ -0,4 đối với năm 2006; R_{de-iwv} tại trạm Hà Nội và trạm Tp Hồ Chí Minh là khá nhỏ (-0,03 và -0,04) đối với năm 2005. R_{dn-iwv} ở cả ba trạm đều có giá trị nhỏ. Trái với hai thành phần đã nêu, phân dư của thành phần hướng thẳng đứng đứng lên trên du có tương quan rất rõ rệt với hàm lượng hơi nước tổng cộng, các giá trị R_{du-iwv} đều dương và giảm từ Hà Nội ($R_{du-iwv} = 0,74$ - trung bình 2 năm) đến Tp Hồ Chí Minh ($R_{du-iwv} = 0,255$ - trung bình 2 năm). Hình 6 trình bày sự thay đổi theo vĩ độ địa lý của các hệ số tương quan R_{du-iwv} từ Tp Hồ Chí Minh tới Hà Nội, như vậy rõ ràng càng xa xích đạo các hệ số tương quan R_{du-iwv} càng lớn.

Bảng 1. Hệ số tương quan giữa các phân dư tọa độ và hàm lượng hơi nước tổng cộng tại các trạm

Trạm	Năm	R_{de-iwv}	R_{dn-iwv}	R_{du-iwv}
Hà Nội	2005	-0,04	-0,15	0,71
	2006	-0,40	-0,08	0,77
Huế	2006	-0,44	-0,16	0,68
	2005	-0,03	-0,04	0,32
Tp HCM	2006	-0,37	-0,20	0,19

Như trên đã nêu, các phân dư tọa độ và hàm lượng hơi nước biến đổi theo chu kỳ 12 tháng tương đối rõ ràng. Để thấy rõ xu thế này, chúng tôi tính các giá trị trung bình tháng của các phân dư tọa độ và giá trị trung bình tháng của hàm lượng hơi nước, kết quả được biểu diễn trên hình 7 và hình 8. Trên các hình này, mỗi hình nhỏ là biến thiên của giá trị trung bình tháng của một thành phần phân dư tọa độ được vẽ cùng với biến thiên của hàm lượng hơi nước trung bình tháng. Biên độ hàng năm của phân dư du là lớn nhất cỡ $\pm 0,8m$, của phân dư thành phần de và dn cỡ $\pm 0,3m$. Các hệ số tương quan giữa các đại lượng trung bình tháng tương tự được trình bày ở bảng 2. R_{du-iwv} đạt tới xấp xỉ 0,9 ở cả ba trạm trừ năm 2006 ở Tp Hồ Chí Minh. Tương quan $R_{du-iwv} = 0,29$ đối với trạm Tp Hồ Chí Minh trong năm 2006 là do từ ngày 15-06 (ngày 166) đến ngày 25-6 (ngày 176), có một nguyên nhân nào đó chưa rõ ràng làm các giá trị du xác định được lớn tới khoảng 4 m, do đó giá trị trung bình tháng của du tháng 6 lệch đáng kể so với xu hướng chung tại trạm này. Hệ số tương quan $R_{du-iwv} = 0,8$ đối với trạm Tp Hồ Chí Minh khi bỏ qua

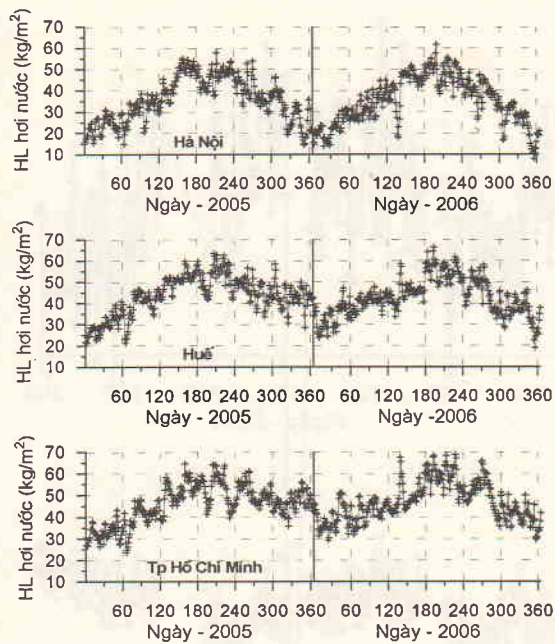


Hình 4. Các phân dư tọa độ d_e, d_n, d_u trung bình ngày quan sát được tại trạm Tp Hồ Chí Minh

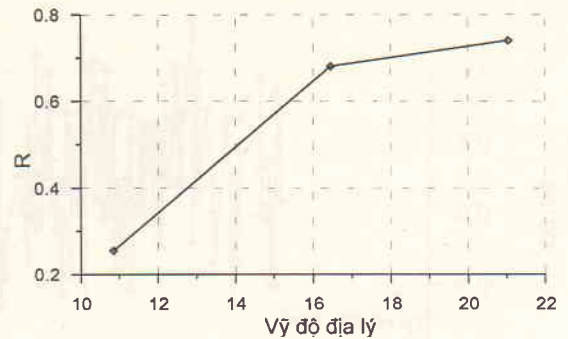
số liệu tháng 6-2006. Hệ số tương quan R_{d_e-iwv} là âm và có giá trị khá lớn (cỡ -0,6 đến -0,9) trong năm 2006 ở cả ba trạm. Hệ số tương quan R_{d_n-iwv} đối với cả ba trạm đều âm và có giá trị nhỏ hơn (-0,2 đến -0,5). Như vậy chúng ta thấy khi lấy giá trị trung bình tháng thì tất cả các hệ số tương quan đều lớn hơn so với hệ số tương quan đối với các giá trị trung bình ngày. Điều này có thể hiểu được vì các số liệu phân dư tọa độ tính từ số liệu GPS ảnh hưởng bởi những yếu tố địa phương của tầng

khí quyển gần vị trí quan sát, còn số liệu hàm lượng hơi nước tổng cộng tầng đối lưu đã được trung bình hóa trong một khoảng thời gian dài và chỉ có ý nghĩa khu vực, nên việc lấy trung bình số liệu trong khoảng thời gian dài hơn thì nhiều yếu tố địa phương sẽ bị loại đi và sự tương quan giữa hai tập hợp số liệu sẽ càng tốt hơn.

Để thấy rõ ràng hơn mối tương quan giữa biến đổi chu kỳ ngắn của các phân dư tọa độ với biến đổi tương ứng ở hàm lượng hơi nước tổng cộng,



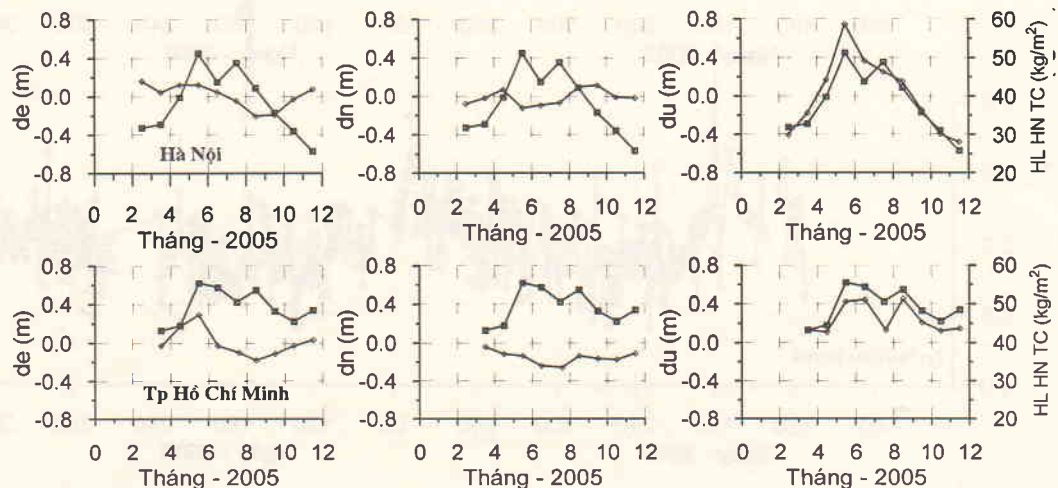
Hình 5. Hàm lượng hơi nước tổng cộng tại Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh



Hình 6. Sự thay đổi của các hệ số tương quan R_{du-iwv} theo vĩ độ

Bảng 2. Tương quan giữa các giá trị trung bình tháng các phân dư tọa độ và độ cao với trung bình tháng hàm lượng hơi nước

Trạm	Năm	R_{dc-iwv}	R_{dn-iwv}	R_{du-iwv}
Hà Nội	2005	-0,09	-0,28	0,95
	2006	-0,87	-0,35	0,95
Huế	2006	-0,92	-0,25	0,89
	2005	0,05	-0,50	0,88
Tp HCM	2006	-0,64	-0,22	0,29
	2005			

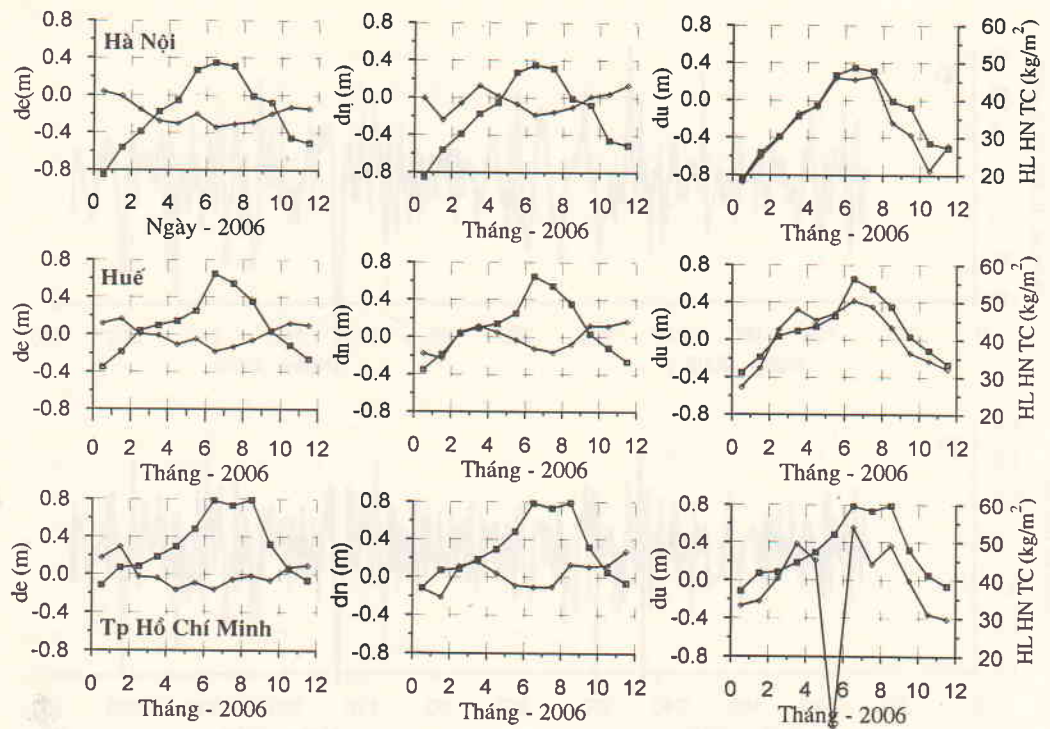


Hình 7. Biến thiên theo thời gian của các giá trị trung bình tháng trong năm 2005 của các phân dư tọa độ (de, dn, du) (các hình thoi) và của hàm lượng hơi nước tổng cộng (các hình vuông)

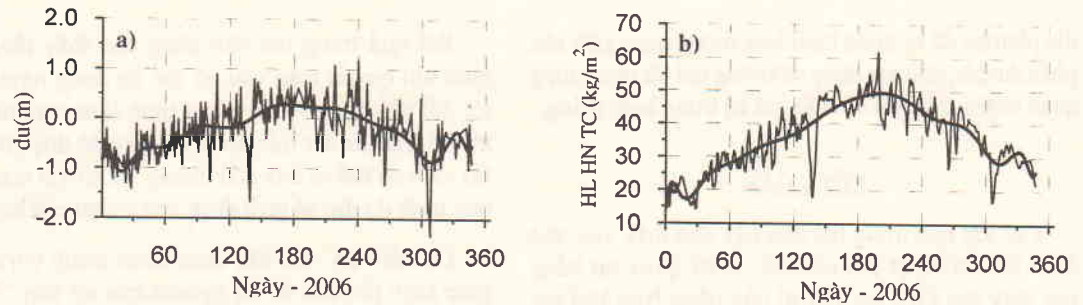
chúng tôi xấp xỉ phân dao động chu kỳ dài của các đại lượng này bằng một đa thức bậc cao. Sau khi thử nghiệm chúng tôi dùng đa thức bậc 15 và thấy đa thức xấp xỉ này có thể biểu thị các dao động có chu kỳ lớn hơn khoảng 1 tháng (hình 9).

Lấy các phân dư tọa độ cũng như hàm lượng hơi nước trừ đi các dao động chu kỳ dài được xấp xỉ bằng các đa thức như đã nêu, chúng ta thu được

phân dư của các phân dư tọa độ (dde, ddn, ddu), và phân dư của hàm lượng hơi nước ($diwv$). Ví dụ, hình 10 biểu thị ddu và $diwv$ tại trạm Hà Nội trong thời gian 2 năm 2005-2006. Chúng ta có thể thấy các đường cong này thể hiện các dao động từ ngày này sang ngày khác tới những dao động chu kỳ cỡ vài chục ngày và dường như chúng cũng có sự tương quan nhất định. Kết quả tính tương quan giữa $diwv$



Hình 8. Biến thiên theo thời gian của các giá trị trung bình tháng trong năm 2006 của các phân dư tọa độ (các hình thoi) và của hàm lượng hơi nước (các hình vuông)



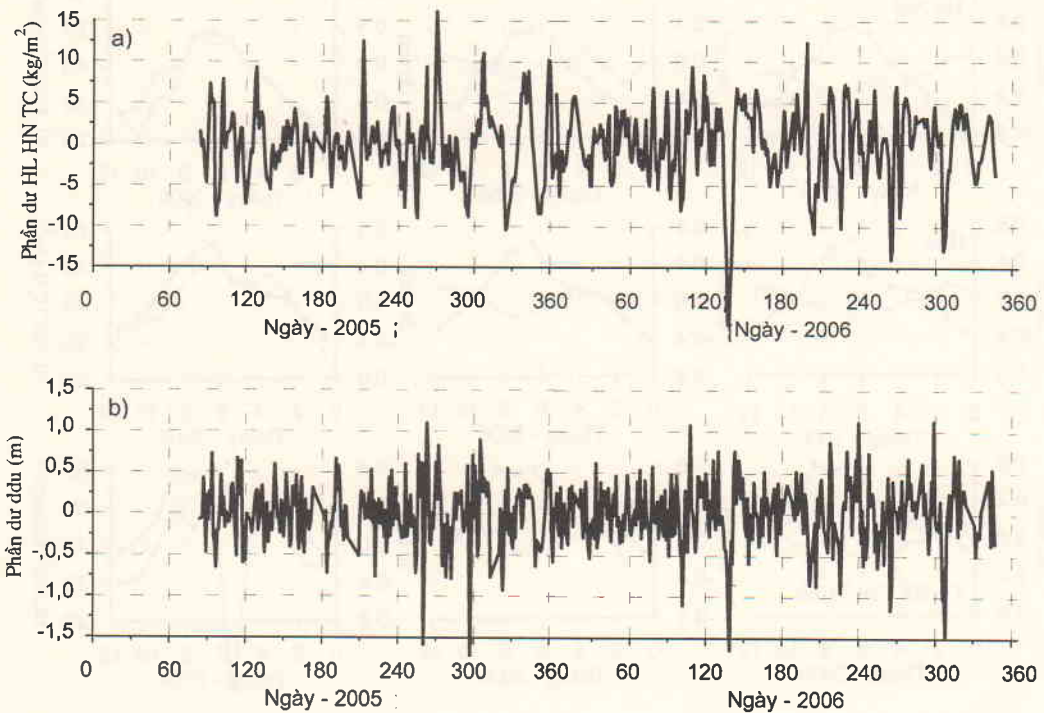
Hình 9. a) Phân dư du và xấp xỉ bằng đa thức (đường đậm), b) Hàm lượng hơi nước tổng cộng và xấp xỉ bằng đa thức (đường đậm) năm 2006 tại Hà Nội

và các phân dư dde , ddn , ddu tại các trạm Hà Nội, Huế Tp Hồ Chí Minh trong thời gian 2005-2006 được trình bày trong *bảng 3*. Một lần nữa chúng ta vẫn thấy các giá trị tương quan $R_{ddu-djwv}$ là dương và cũng giảm từ Hà Nội vào Tp Hồ Chí Minh, đối với cả ba trạm chúng đều nhỏ hơn các hệ số tương quan tương ứng đối với các giá trị trung bình tháng (*bảng 2*). Các hệ số tương quan $R_{dde-djwv}$ và $R_{ddn-djwv}$ đều có giá trị tương đối nhỏ trong cả hai năm 2005 và 2006. Như trên đã nêu, việc định vị bằng GPS bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố có tính địa phương (chưa kể những yếu tố không có nguồn gốc khí

Bảng 3. Tương quan giữa các phân dư của phân dư tọa độ với phân dư hàm lượng hơi nước

Trạm	Năm	$R_{dde-djwv}$	$R_{ddn-djwv}$	$R_{ddu-djwv}$
Hà Nội	2005	0,01	-0,15	0,40
	2006	-0,03	0,04	0,58
Huế	2006	0,03	0,12	0,43
	2005	0,07	0,15	0,28
Tp HCM	2006	-0,05	-0,01	0,19

quyển), trong khi hàm lượng hơi nước được tính từ mô hình có tính toàn cầu, do vậy nhiều đặc trưng



Hình 10. a) Biến thiên theo thời gian của phần dư hàm lượng hơi nước và b) Phần dư của phần dư *ddu* tại trạm Hà Nội

địa phương đã bị trung bình hóa, tương quan giữa các phần dư *dde*, *ddn* với *diwv* sẽ không thể tốt như tương quan tương ứng đối với các giá trị trung bình tháng.

KẾT LUẬN

Các kết quả trong bài báo này cho thấy việc xác định tọa độ tuyệt đối của các vị trí quan sát bằng các máy thu GPS hai tần số của hãng NovAtel chỉ đạt được độ chính xác cỡ 1-2 m.

Độ chính xác của các phép xác định tọa độ bằng công nghệ GPS phụ thuộc rất rõ rệt vào hàm lượng hơi nước của tầng khí quyển. Tuy nhiên độ chính xác của mỗi thành phần tọa độ xác định được phụ thuộc khác nhau vào hàm lượng hơi nước tổng cộng. Thành phần thẳng đứng (hoặc tương tự độ cao) bị ảnh hưởng bởi hàm lượng hơi nước lớn hơn so với thành phần Bắc và thành phần Đông. Trong điều kiện nước ta, vào mùa đông độ ẩm thấp, ảnh hưởng của tầng khí quyển tới độ chính xác của phép xác định tọa độ bằng GPS cũng thấp nhất. Do vậy để tăng độ chính xác của các phép đo trắc địa bằng công nghệ GPS phải tiến hành vào mùa khô (các tháng 12 và tháng 1).

Kết quả trong bài báo cũng cho thấy rằng mô hình khí quyển toàn cầu có thể áp dụng tương đối tốt đối với vùng vĩ độ trung bình (khu vực từ Huế trở ra), việc đo đạc trắc địa ở vùng vĩ độ thấp (từ Huế trở vào) có thể sẽ đưa đến những sai số lớn hơn, các quy trình đo đạc sẽ phải được lưu ý chặt chẽ hơn.

Lời cảm ơn : bài báo được hoàn thành với sự trợ giúp kinh phí của đề tài nghiên cứu cơ bản "Xử lý số liệu 3 trạm thu GPS liên tục đặt tại Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh với những ứng dụng cơ bản trong nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly ở Việt Nam và chuyển động vỏ Trái Đất ở các vùng quan sát", mã số 711906.

TÀI LIỆU DẪN

[1] S. BASTIN et al, 2005 : On the use of GPS tomography to investigate water vapor variability during a Mistral/sea breeze event in southeastern France, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L05808, doi :10.1029/2004GL021907.

[2] C. CHAMPOLLION et al, 2004 : GPS monitoring of the tropospheric water vapor distribution

and variation during the 9 September 2002 torrential precipitation episode in the Cevennes (southern France), J. Geophys. Res., 109, D24102, doi : 10.29/2004JD004897.

[3] S.P. DRAKE, 2002 : Converting GPS coordinates ($\phi\lambda h$) to navigation coordinates (ENU), DSTO-TN-0432.

[4] J. DUAN et al, 1996 : GPS Meteorology : Direct estimation of the Absolute Value of Precipitable Water, J. Appl. Meteor., 35, 830.

[5] VI QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 2004 : Xác định tọa độ tuyệt đối bằng GPS, Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 26, 1, 76-81.

[6] B. HOFTMANN-WELLENHOF, H. LICHTENEGGER and J. COLLINS, 2001 : GPS Theory and Practice, Springer.

[7] E. KALNAY et al, 1996 : The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-462.

[8] M. KANAMITSU et al, 2002 : NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 1631-1642.

[9] LÊ HUY MINH, A. BOURDILLON, P. LASSUDRIE-DUCHESNE, R. FLEURY, 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.

[10] LÊ HUY MINH, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN, R. FLEURY, P. LASSUDRIE-DUCHESNE, A. BOURDILLON, C. AMORY-MAZAUDIER, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN, 2007 : 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, Tc CKHVTD, T. 29, 2, 104-112.

[11] NOVATEL, 2003 : OEM4 family of receivers, USER manual.

SUMMARY

Estimation of the relation between the total tropospheric water vapour and the precision of the absolute positioning by GPS in Vietnam

This paper presents the determining results of the residual time variation of the daily mean navigation coordinates (de, dn, du) collected from three GSV4004 GPS continuous stations in Hanoi, Hue and Ho Chi Minh city, and their correlations to the daily mean integrated water vapour of the atmosphere at the same positions. It is found that the residuals du vary day-to-day in the range of about 1-2 m and around the annual period general tendency which is maximum in summer (June or July) and minimum in winter (December or January) and whose amplitude of about ± 0.8 m. The annual variation of the integrated water vapour is maximum in summer and minimum in winter also. It is found that the different coordinates have different correlations with respect to the total tropospheric water vapour. The residual du has highest correlation with respect to the integrated water vapour, their correlation coefficient are about 0,74 for the Hanoi station ; 0.66 for Hue and 0.255 for Ho Chi Minh city. The residual de has the negative correlation with respect to the integrated water vapour, their correlation coefficient are about -0.4 for three stations. The residual dn has smallest correlation with respect to the integrated water vapour, about -0.2 or smaller for all three stations. Correlation coefficients of the monthly mean residuals du and the monthly mean integrated water vapor are of 0.95 in Hanoi. 0.89 in Hue and 0.58 in Ho Chi Minh city. These results in this paper show that it is necessary to carry out the repeated GPS measurements for the tectonic studies in Vietnam in winter (dry season) in order to limit the effect of the atmosphere.

Ngày nhận bài : 15-01-2008

Viện Vật lý Địa cầu,

Trường Viễn thông Quốc gia Bretagne (Pháp)

Trường Đại học Rennes 1 (Pháp)

Trung tâm Nghiên cứu Môi trường Trái Đất và

Các hành tinh (Pháp)

Trường Đại học Khoa học Huế

Phân Viện Vật lý TP Hồ Chí Minh