

XÁC ĐỊNH VẬN TỐC CHUYỂN DỊCH MẢNG KIẾN TẠO BẰNG PPP CHO MỘT SỐ TRẠM CORS Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG GIAI ĐOẠN 2019 - 2023

NGUYỄN NGỌC LÂU, TRỊNH ĐÌNH VŨ

Bộ môn Địa Tin Học, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM

Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Kỹ thuật định vị điểm chính xác (PPP) được sử dụng để xử lý dữ liệu GNSS của 15 trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) tại Việt Nam giai đoạn 2019-2023. Sau khi dùng hàm sin để mô hình hóa các chuỗi thành phần tọa độ với chu kỳ cố định là 351,6 ngày, kết quả nhận được cho thấy vận tốc dịch chuyển thành phần mặt bằng của tất cả các trạm CORS tương tự như nhau cho cả nước. Tuy nhiên ở thành phần độ cao, các trạm ở khu vực đồng bằng Sông Cửu Long có giá trị lớn hơn nhiều so với các trạm còn lại. Vận tốc dịch chuyển độ cao của CORS ở 5 tỉnh Tiền Giang, Hậu Giang, Cà Mau, Bạc Liêu và Cần Thơ đều hướng xuống với giá trị lớn hơn -12 mm/năm. Trong đó đáng chú ý là trạm CORS tại hai tỉnh Cần Thơ và Bạc Liêu có tốc độ dịch chuyển độ cao lần lượt là -46,5 và -51,3 mm/năm. Chúng tôi cũng tìm thấy rằng sự biến động của chuỗi độ cao PPP tại các trạm này không hoàn toàn tuân thủ theo quy luật hình sin như chuyển dịch mảng kiến tạo thông thường. Điều đó cho thấy sự dịch chuyển của các trạm CORS khu vực đồng bằng Sông Cửu Long có thể bị ảnh hưởng do lún của công trình và lún cục bộ của nền địa chất địa phương.

Từ khóa: Vận tốc chuyển dịch mảng kiến tạo; GNSS; PPP; Việt Nam; Đồng bằng Sông Cửu Long.

1. Giới thiệu

Kiến tạo mảng là lý thuyết khoa học được chấp nhận rộng rãi, coi thạch quyển của Trái đất bao gồm một số mảng kiến tạo lớn đã di chuyển chậm từ khoảng 3,4 tỷ năm trước. Mô hình này được xây dựng dựa trên khái niệm trôi dạt lục địa, một ý tưởng được phát triển trong những thập kỷ đầu của thế kỷ 20. Kiến thức chính xác về chuyển động kiến tạo cho phép chúng ta hiểu rõ hơn về các sự kiện tự nhiên liên quan như động đất, lở đất, hoạt

động núi lửa. Theo các mô hình kiến tạo mảng hiện nay [10,12], Việt Nam nằm gần ranh giới EURASIA với tốc độ dịch chuyển lên tới 30 mm/năm theo thành phần mặt bằng [1].

Hiện nay, chuyển động của mảng kiến tạo thường được xác định bằng phương pháp định vị điểm chính xác (Precise Point Positioning - PPP). Phương pháp này có ưu điểm là độ chính xác định vị ổn định và ngày càng được cải thiện tốt hơn. Nó cho phép xác định vị trí cả 2 thành phần mặt bằng và độ cao của bất kỳ

điểm nào một cách độc lập [11]. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp là chỉ cho phép xác định vị trí của từng trạm và quan trọng nhất là yêu cầu dữ liệu GNSS của trạm đó phải ổn định và liên tục theo thời gian.

Trong bài báo [1], PPP đã được sử dụng để xác định vận tốc mảng kiến tạo của 10 trạm CORS ở Việt Nam, 2 trạm ở Thái Lan và 1 ở Trung Quốc giai đoạn 2019-2022. Kết quả cho thấy tốc độ chuyển dịch của các trạm CORS ở Việt Nam hoàn toàn tương thích với chuyển dịch của các trạm khác trong cùng mảng kiến tạo [1]. Tuy nhiên chúng tôi cũng nhận thấy có sự chuyển dịch bất thường về mặt độ cao của các trạm CORS ở khu vực đồng bằng Sông Cửu Long. Vì vậy chúng tôi mở rộng thu thập dữ liệu GNSS tại 15 CORS ở Việt Nam do công ty Tường Anh quản lý từ năm 2019-2023. Trong đó có 5 trạm CORS ở khu vực quan tâm. Tên và vị trí của 15 trạm CORS được thể hiện ở hình 2.

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày quá trình xử lý PPP dữ liệu GNSS của các trạm CORS nêu trên, tính toán chính xác vận tốc chuyển dịch của chúng theo các thành phần Bắc, Đông và độ cao giai đoạn 2019-2023. Và cuối cùng, chúng tôi so sánh, phân tích kết quả để cho thấy xu hướng chìm dần của khu vực đồng bằng Sông Cửu Long ngày càng nghiêm trọng.

2. Xử lý PPP và chuyển đổi tọa độ giữa ITRF2020 và ITRF2014

Định vị điểm chính xác (PPP) là phương pháp định vị GNSS tính toán vị trí của từng điểm đơn lẻ, với độ chính xác có thể đạt được trong phạm vi mm-cm. Để đạt được độ chính xác này, PPP xử lý các trị đo pha và mã từ một máy thu GNSS duy nhất cùng với các sản phẩm hiệu chỉnh đồng hồ và quỹ đạo GNSS chính xác.

Để xử lý dữ liệu GNSS từ các trạm CORS nêu trên, chúng ta có thể sử dụng một số dịch vụ xử lý PPP trực tuyến có sẵn. Một trong những dịch vụ PPP trực tuyến rất phổ biến với người dùng hiện nay là CSRS-PPP (Định vị điểm chính xác của Hệ thống tham chiếu không gian Canada) được vận hành và quản lý bởi Bộ Tài nguyên thiên nhiên Canada (NRCan) [4,8,9]. Dịch vụ này được ra mắt vào năm 2003. Nó cho phép người dùng gửi dữ liệu GNSS ở định dạng RINEX đến máy chủ của NRCan. Trong vòng vài phút, người dùng sẽ nhận được kết quả về vị trí hoặc quỹ đạo của họ cùng với ước tính độ chính xác trong tệp báo cáo PDF. CSRS-PPP sử dụng sản phẩm quỹ đạo vệ tinh kết hợp của IGS và hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh của NRCan. CSRS-PPP phiên bản 3 cho phép xử lý tích hợp dữ liệu GPS và GLONASS và bao gồm chức năng giải đa trị cho các vệ tinh GPS. Độ chính xác định vị của CSRS-PPP có thể đạt được vài mm đối với dữ liệu GNSS tĩnh trong 24 giờ và vài cm trong 1 giờ dữ liệu [4,9].

Tọa độ PPP xử lý bởi CSRS-PPP được xuất ra trong hệ tọa độ ITRF2014 cho đến ngày 27 tháng 11 năm 2022. Kể từ ngày này, dịch vụ CSRS-PPP áp dụng hệ tọa độ mới ITRF2020. Dịch vụ GNSS quốc tế (International GNSS Service - IGS) đã cung cấp 7 tham số chuyển đổi tọa độ từ ITRF2014 sang ITRF2020. Khi dùng bộ tham số này để tính độ lệch tọa độ giữa ITRF2014 và ITRF2020 theo hướng Bắc, Đông và độ cao của các trạm CORS ở Việt Nam, chúng tôi nhận được kết quả là +3,2, +1,8 và -2,9 mm. Trong nghiên cứu [2], chúng tôi đã chỉ ra độ lệch này không phù hợp với độ lệch trung bình của chuỗi tọa độ PPP của các trạm CORS Việt Nam lần lượt là +3,9, +2,9 và -19,4 mm. Kết quả này là lấy trung bình trên chuỗi thành phần tọa độ từ 27-11-2022 đến 31-12-2022.

Để kiểm tra lại tính đúng đắn của kết quả [2], trong bài báo này, chúng tôi xác định lại độ lệch ΔN , ΔE , ΔU giữa ITRF2014 và ITRF2020 cho các trạm CORS ở Việt Nam với khoảng thời gian dài hơn.

Tiêu chí các trạm CORS được lựa chọn để xác định độ lệch bao gồm:

- Dữ liệu được thu liên tục từ tháng 01-2019 đến 11-2023.
- Anten trạm CORS không bị dịch chuyển.
- Giá trị tọa độ thành phần Bắc - Đông - độ cao xử lý PPP phù hợp với hàm sin mô hình (1).

Bảng 1: Độ lệch trung bình 3 thành phần IGS công bố và được tính trong bài báo

ITRF2020 → ITRF2014	ΔN (mm)	ΔE (mm)	ΔU (mm)
IGS	+3,2	+1,8	-2,9
CSRS-PPP 12-2022	+3,9	+2,9	-19,4
CSRS-PPP 11-2023	+2,1	+2,8	-18,4

Theo các tiêu chí trên, 5 trạm CORS được chọn gồm DHOI, HCMC, HPHO, VFUC và VINH. Tiến hành mô hình hóa các tham số hàm sin lần lượt từng trạm gồm 2 giai đoạn: tháng 01-2019 đến ngày 26-11-2022 và ngày 27-11-2022 đến tháng 11-2023. Sau khi chỉnh pha hàm sin thứ 2 trùng với pha của hàm sin thứ 1, chúng tôi tính được độ lệch của các thành phần tọa độ, cho ở dòng thứ 3 của bảng 1.

So sánh với kết quả đã công bố trong [2], khác biệt lớn nhất xảy ra ở thành phần hướng Bắc khoảng 1,8 mm. Điều này cho thấy tính đúng đắn của [2], vì dù xử lý với dữ liệu dài hơn, số trạm CORS ít hơn nhưng kết quả vẫn không thay đổi nhiều. Sự khác biệt lớn so với kết quả IGS công bố là gần 15 mm ở độ cao, khẳng định lại độ lệch trung bình thành phần độ cao do IGS công bố không phù hợp với khu vực Việt Nam.

Do thời lượng dữ liệu PPP được sử dụng trong phân tích trước thời điểm 27-11-2022 là 4 năm nên ITRF2014 được lựa chọn làm hệ tham chiếu chuẩn. Như vậy, dữ liệu trong hệ ITRF2020 từ cuối năm 2022 đến tháng 11-2023 sẽ được chuyển đổi về hệ ITRF2014 để thống nhất hệ tham chiếu tính toán. Kết quả xử lý PPP của vài trạm CORS được thể hiện ở

hình 1. Trong đó chuỗi tọa độ của các CORS được hiển thị theo thành phần Bắc, Đông và độ cao trong thời gian 5 năm từ 2019-2023.

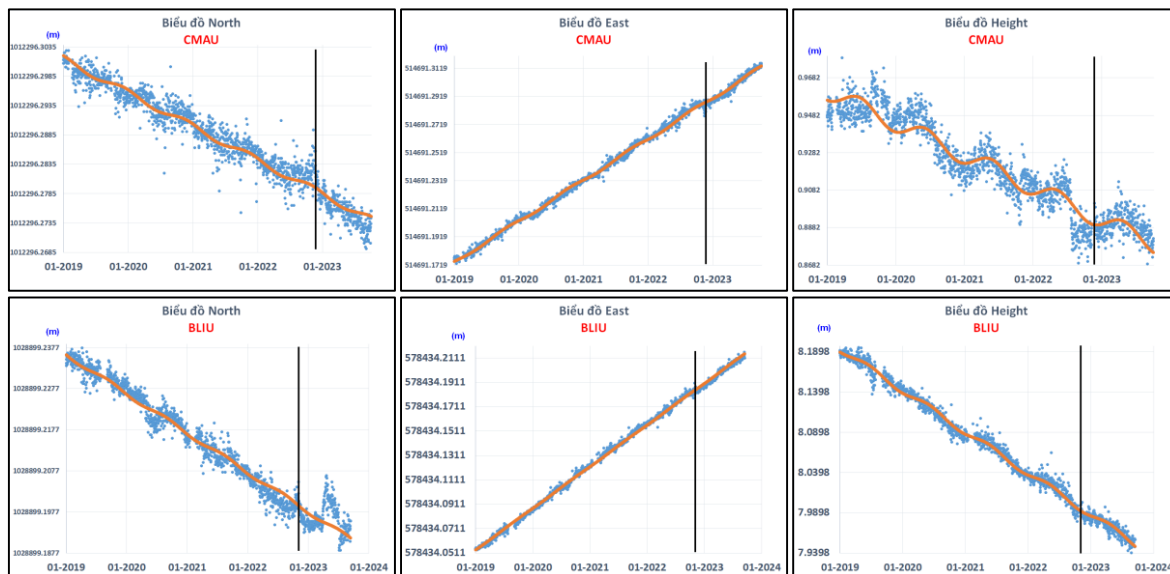
3. Xác định vận tốc của CORS và so sánh với nghiên cứu khác

Quan sát chuỗi vị trí của các trạm CORS ở các thành phần Bắc, Đông và độ cao ở hình 1, chúng ta thấy sự biến đổi tuần hoàn với chu kỳ xấp xỉ 351,6 ngày. Điều này đã được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây [3,5,6,7]. Những biến đổi định kỳ này cần được lập mô hình để xác định vận tốc dịch chuyển kiến tạo chính xác. Chúng tôi đã sử dụng hàm hình sin đơn giản để mô hình hóa chuỗi thời gian của dữ liệu GNSS tương tự [3]. Hàm (1) cũng đã được Bogusz và Figurski [6] sử dụng để mô hình hóa các biến đổi trong chuỗi tọa độ GPS theo mùa tại 129 trạm GPS cố định ở Ba Lan từ năm 2008 đến 2013.

$$y(t) = y_0 + v_y \cdot t + A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right) \quad (1)$$

Với y_0 là giá trị ban đầu của tín hiệu; v_y là vận tốc cần xác định của chuỗi thời gian y ; A là biên độ của tín hiệu; T là chu kỳ, được cố định giá trị 351,6 ngày [7]; and φ là pha ban đầu. Các tham số y_0 , A , φ và v_y được xác định bởi phương pháp bình phương cực tiểu cho

mỗi chuỗi thành phần Bắc, Đông và độ cao cam mô hình chuỗi tọa độ PPP là các chấm cho từng trạm CORS. Trên hình 1, đồ thị của màu xanh dương. phương trình (1) là những đường cong có màu



Hình 1: Chuỗi tọa độ theo thời gian của các thành phần Bắc, Đông và độ cao. Đường thẳng đứng đánh dấu thời điểm chuyển hệ ITRF2014 sang ITRF2020

Bảng 2 thể hiện vận tốc dịch chuyển trung bình của các trạm CORS theo 3 thành phần Bắc, Đông và độ cao trong giai đoạn 01/2019 - 11/2023, được sắp xếp theo thứ tự tăng dần độ lớn vận tốc dịch chuyển độ cao của các trạm CORS.

Bảng 2: Vận tốc dịch chuyển của các trạm CORS

Trạm	Vận tốc (mm/year)			RMS (mm)			Giai đoạn
	Bắc	Đông	Độ cao	Bắc	Đông	Độ cao	
VFUC	-9,3 ±0,03	+33,0 ±0,03	+0,7 ±0,1	±1,5	±1,6	±5,6	01/2019-11/2023
DHOI	-8,9 ±0,05	+31,4 ±0,04	-0,3 ±0,1	±2,7	±2,2	±7,7	01/2019-11/2023
VINH	-9,2 ±0,03	+31,8 ±0,03	-0,4 ±0,1	±1,5	±1,6	±5,9	01/2019-11/2023
HCMC	-8,3 ±0,04	+28,2 ±0,04	-2,0 ±0,1	±2,0	±2,3	±7,2	01/2019-11/2023
DANA	-9,1 ±0,04	+30,5 ±0,04	-2,2 ±0,2	±1,4	±1,6	±5,5	01/2019-11/2023
RGIA	-7,9 ±0,03	+25,1 ±0,04	-4,4 ±0,2	±1,7	±1,9	±9,4	01/2019-11/2023
PTIT	-8,7 ±0,04	+29,1 ±0,04	-6,0 ±0,2	±1,7	±1,6	±8,4	01/2019-11/2023
QNGI	-12,0 ±0,07	+32,9 ±0,06	-9,1 ±0,2	±2,6	±2,2	±6,5	01/2019-11/2023
BTRE	-11,3 ±0,05	+24,4 ±0,03	-8,9 ±0,1	±2,6	±1,9	±6,6	01/2019-11/2023
HPHO	-7,5 ±0,03	+29,3 ±0,03	-9,7 ±0,1	±1,8	±1,8	±6,0	01/2019-11/2023
GOCO	-10,9 ±0,03	+27,5 ±0,03	-12,6 ±0,1	±1,6	±1,8	±5,6	01/2019-11/2023
HGAN	-7,5 ±0,03	+24,3 ±0,04	-23,5 ±0,2	±1,8	±2,0	±11,1	01/2019-11/2023
CMAU	-5,7 ±0,03	+29,1 ±0,04	-17,1 ±0,1	±1,8	±2,0	±7,7	01/2019-11/2023
CTHO	-9,5 ±0,04	+26,5 ±0,05	-46,5 ±0,2	±2,4	±2,9	±10,9	01/2019-11/2023
BLIU	-9,5 ±0,05	+34,1 ±0,04	-51,3 ±0,1	±2,5	±2,0	±6,2	01/2019-11/2023

Trong bảng 2, RMS là sai số trung phương thể hiện độ chính xác của phương trình (1). RMS được tính theo các công thức (2) và (3):

$$RMS = \pm \sqrt{\frac{V^T V}{n}} \quad (2)$$

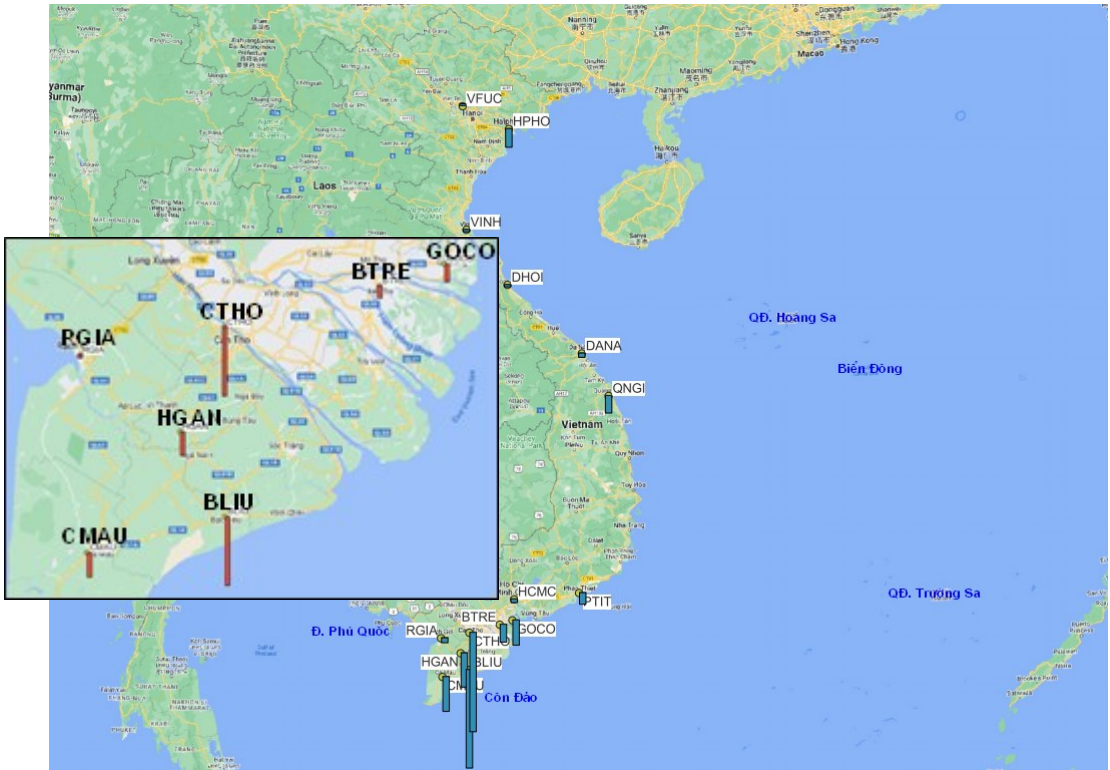
$$V_i = y(t)^{PPP} - y(t)^{cal} \quad (3)$$

Trong đó V là hiệu của giá trị PPP và giá trị được tính từ phương trình (1) của các thành phần Bắc, Đông và độ cao, n là số ngày tham gia vào tính toán. Sai số vận tốc trong bảng 2 là sai số xác định, v_y trong phương pháp bình phương cực tiểu phương trình (1).

Giá trị và hướng vận tốc dịch chuyển theo phương ngang của 15 trạm tương đồng nhau

(xem hình 1 và bảng 2). Tuy nhiên, khi so sánh giá trị vận tốc theo độ cao thì có sự phân hóa giữa các trạm (xem hình 2 và hình 3).

Giá trị trung bình của vận tốc dịch chuyển mảng kiến tạo trong giai đoạn 2019 - 2023 theo 3 thành phần Bắc - Đông - độ cao lần lượt là (-9,2, +29,6, -4,2) mm/năm. Không có sự khác biệt nhiều trong giai đoạn 2019-2022 với giá trị vận tốc chuyển dịch trung bình là (-9,2, +29,5, -4,6) mm/năm [1]. Như vậy, tổng quan hướng dịch chuyển và vận tốc dịch chuyển mảng kiến tạo ở Việt Nam trong năm 2023 vẫn ổn định so với các nghiên cứu trước đây.



Hình 2: Biểu đồ cột thể hiện vận tốc dịch chuyển độ cao của 15 trạm CORS

4. Phân tích chuyển dịch của các CORS ở đồng bằng Sông Cửu Long

Để theo dõi sự dịch chuyển mảng kiến tạo, vị trí trạm quan trắc cần được đặt trên nền địa chất ổn định. Điều này giúp loại bỏ sự tác động trượt ngang và sụt lún tầng mặt của mặt đất gây

ra. Khi đó, sự thay đổi giá trị tọa độ và độ cao của trạm sẽ phản ánh đúng đắn sự dịch chuyển của mảng kiến tạo. Trên thực tế, các trạm CORS lại thường được cài đặt trên các nhà cao tầng với kết cấu móng khác nhau và không được biết đến một cách rõ ràng. Do đó không

thể loại trừ ảnh hưởng lún của chính tòa nhà và kể cả ảnh hưởng cục bộ của nền địa chất khu vực vào chuyển dịch đứng của trạm CORS.

Tốc độ dịch chuyển của 7 tỉnh đồng bằng Sông Cửu Long thành phần hướng Bắc -5,7 đến -11,3 mm/năm và hướng Đông +23,5 đến +34,1 mm/năm, kết quả cho thấy dịch chuyển mảng kiến tạo theo mặt bằng cùng hướng và biến động không nhiều về độ lớn so với các CORS trên cả nước, lần lượt là -9,2 và +29,6 mm/năm.

Ngược lại với sự tương đồng về mặt bằng thì dịch chuyển độ cao của các tỉnh đồng bằng Sông Cửu Long có sự phân hóa. Giá trị lớn của vận tốc theo độ cao xảy ra một cách có hệ thống ở hầu hết các tỉnh có trạm CORS của đồng bằng Sông Cửu Long. Điều này cho thấy, ngoài chuyển dịch của mảng kiến tạo, các trạm CORS còn bị ảnh hưởng bởi lún của công trình và/hoặc lún của nền địa chất ở khu vực này.

Theo hình 3, ta thấy độ lớn của vận tốc dịch chuyển âm các tỉnh đồng bằng Sông Cửu Long lớn gấp 7 lần giá trị trung bình của cả nước. Theo thứ tự tăng dần độ lớn của vận tốc dịch chuyển độ cao (xem bảng 2), ta có thể phân các trạm CORS thành 3 nhóm: nhóm có vận tốc dịch chuyển độ cao nhỏ hơn -4 mm/năm, nhóm có vận tốc từ -6 → -10 mm/năm và nhóm có vận tốc lớn hơn -10 mm/năm.

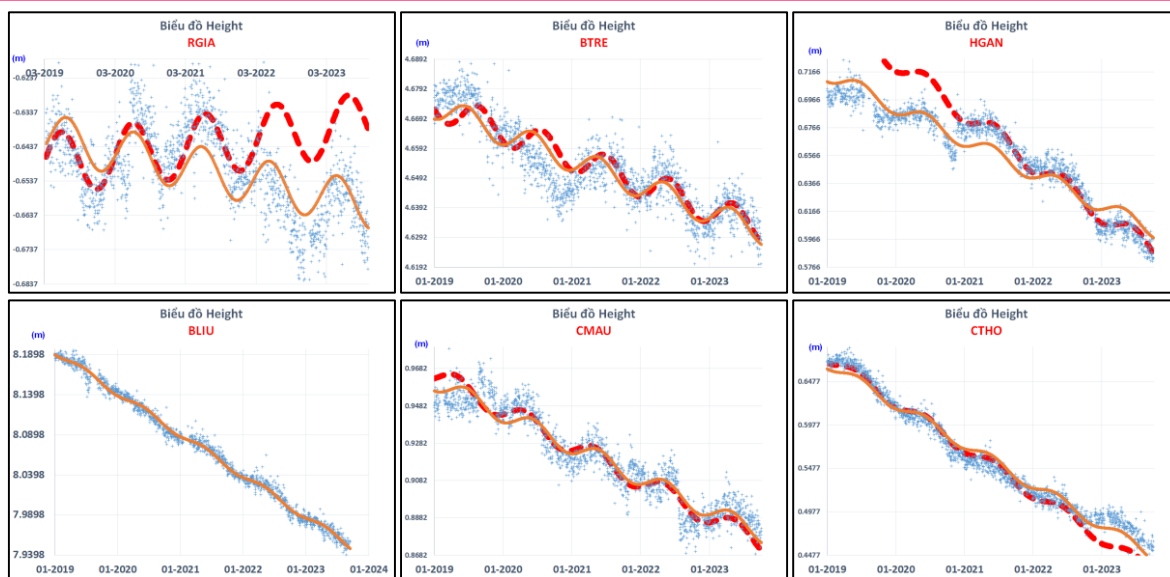
Theo bảng 2, nhóm có vận tốc nhỏ đều thuộc khu vực miền Bắc và miền Trung, ngoại trừ HCMC thuộc miền Nam và RGIA thuộc phía Tây Nam đồng bằng Sông Cửu Long. Với vận tốc dịch chuyển xuống nhỏ hơn -4 mm/năm, gần xấp xỉ với chuyển dịch của các trạm khác trong cùng mảng kiến tạo. Điều này chứng tỏ tác động lún của công trình và cục bộ của nền địa chất khu vực không đáng kể. Nhóm có vận tốc dịch chuyển thành phần độ

cao lớn hơn -10 mm/năm tập trung ở đồng bằng Sông Cửu Long. Hình 3 cho thấy nhóm này gồm 5 trạm GOCO, HGAN, CMAU, CTHO, BLIU có vị trí phân bố gần nhau, tập trung vùng ven biển phía Đông Nam và vùng gần sông Hậu. Đặc biệt hai tỉnh Cần Thơ và Bạc Liêu ghi nhận hơn -45 mm/năm, cao hơn 2,5 lần 3 tỉnh Tiền Giang, Hậu Giang và Cà Mau với vận tốc dịch chuyển thành phần độ cao nhỏ hơn -20 mm/năm.

Hình dạng hàm sin nội suy trong đồ thị thành phần độ cao giúp xác định tính ổn định nền địa chất nơi trạm CORS được xây dựng. Trong hình 3, các trạm CORS được sắp xếp từ trên xuống dưới theo vận tốc dịch chuyển độ cao tăng dần. Các đồ thị này cho thấy vận tốc dịch chuyển xuống càng lớn thì biên độ hàm sin càng nhỏ và góc dốc đồ thị càng lớn.

Hình 3 cho thấy đồ thị hàm sin mô hình chuyển dịch độ cao không bám sát dữ liệu PPP tại các trạm ở đồng bằng Sông Cửu Long. Ngoài 2 trạm GOCO và BLIU dịch chuyển tương đối đều lần lượt với vận tốc -12,6 và -51,3 mm/năm, các trạm còn lại gồm RGIA, BTRE, HGAN, CMAU và CTHO có đồ thị hàm sin màu cam không khớp với giá trị độ cao PPP. Điều này cho thấy vận tốc dịch chuyển độ cao ở những trạm này không đồng đều qua các năm.

Để khắc phục bất cập trên, thay vì mô hình cho 5 năm liên tục, chúng tôi dùng hàm sin (đường đứt nét trên hình 3) để mô hình chỉ khoảng 3 năm dữ liệu PPP ở mỗi trạm và 3 năm này tập trung không giống nhau các tỉnh. Cụ thể là đường nội suy này bám sát 3 năm đầu gồm trạm RGIA và CTHO, lần lượt là +2,6 mm/năm và -52,1 mm/năm. Trạm CMAU bám sát 3 năm giữa với vận tốc -19,0 mm/năm. Trạm BTRE và HGAN bám sát 3 năm cuối với vận tốc lần lượt là -8,8 và -36,1 mm/năm.



Hình 3: Đồ thị hàm sin mô hình chuỗi thành phần độ cao tại các trạm CORS đồng bằng Sông Cửu Long

Cũng trong hình 3, 02 năm dữ liệu không bám sát với hàm sin mô hình (đường đứt nét) ở các trạm cũng không giống nhau. Trạm RGIA có sự tăng dịch chuyển hướng xuống năm 2022 nhưng năm 2023 biến thiên giống 3 năm đầu. Trạm BTRE 02 năm đầu vận tốc dịch chuyển xuống nhanh hơn 3 năm sau nhưng trạm HGAN thì 02 năm đầu lại chậm hơn. Trạm CMAU năm cuối có dấu hiệu vận tốc chững lại giống trạm CTHO, nếu CMAU không có hiện tượng dịch chuyển xuống đột ngột giống bị trượt đứng xảy ra vào tháng 7/2022.

Các kết quả này cho thấy việc xác định và dự báo vận tốc dịch chuyển độ cao các tỉnh đồng bằng Sông Cửu Long gặp khó khăn trong tương lai vì kịch bản dịch chuyển không giống nhau ở các trạm được khảo sát. Nhưng khả năng cao là nền địa chất khu vực đồng bằng Sông Cửu Long tiếp tục chìm dần cùng với vận tốc lớn tập trung ở các tỉnh ven biển Đông Nam và gần sông Hậu của đồng bằng.

5. Kết luận

Từ những kết quả và sự phân tích ở trên, chúng tôi có những kết luận sau đây:

a) Vận tốc dịch chuyển mảng kiến tạo về thành phần mặt bằng của các trạm CORS trên cả nước đều tương tự như nhau về hướng và độ lớn. Tuy nhiên vận tốc dịch chuyển độ cao lại khác nhau rõ rệt theo từng khu vực. Đặc biệt, các trạm thuộc đồng bằng Sông Cửu Long có giá trị vận tốc lớn và không đồng đều theo từng năm. Điều này có thể do tác động lún cục bộ của nền địa chất địa phương.

b) Trong giai đoạn 2019-2023, trạm RGIA có vận tốc dịch chuyển độ cao hướng xuống -4 mm/năm một cách ổn định. Trạm BTRE có vận tốc dịch chuyển độ cao trung bình lớn hơn RGIA, nhưng độ lớn vẫn nhỏ hơn -10 mm/năm. Riêng 5 trạm GOCO, HGAN, CMAU có vận tốc dịch chuyển độ cao lớn hơn -10 mm/năm và đặc biệt CTHO và BLIU lớn hơn -45 mm/năm. Theo vị trí địa lý, các tỉnh có vận tốc dịch chuyển độ cao lớn nằm gần sông Hậu và ven biển Đông Nam của đồng bằng Sông Cửu Long.

c) Việc xác định dịch chuyển mảng kiến tạo cần dữ liệu trong nhiều năm để loại bỏ tác

động ngoại lực gây nhiễu lên tọa độ của quan trắc. Sự biến động của chuỗi độ cao theo thời gian của 5 trạm GOCO, HGAN, CMAU, CTHO và BLIU dường như không hoàn toàn tuân thủ theo quy luật hình sin như dịch chuyển mảng kiến tạo thông thường. Điều này có thể do sự thiếu ổn định của tầng mặt địa chất làm cho công trình bị lún và cũng có thể do sự nứt gãy đột ngột của mảng kiến tạo gây nên. Nhưng chắc chắn sẽ làm cho công tác dự báo sẽ khó khăn hơn nhiều.

Nghiên cứu trên dựa vào kết quả xử lý PPP từ các trạm CORS cho thấy vận tốc dịch chuyển thành phần độ cao ở khu vực đồng bằng Sông Cửu Long cao hơn nhiều so với các khu vực còn lại. Tuy nhiên chưa có đủ thông tin và kiến thức để giải thích nguyên nhân của hiện tượng này là do sự sụt lún của công trình, của tầng mặt đất hay do mảng kiến tạo bị ngoại lực bất thường tác động.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn công ty Tường Anh đã cung cấp số liệu để chúng tôi thực hiện nghiên cứu trong bài báo này.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyen Ngoc Lau and Trinh Dinh Vu, 2023. Determination of tectonic velocities of some continuously operating reference stations (CORS) in Vietnam 2019-2022 by using precise point positioning, *The Conference on Environment and Sustainable Development (ESD 2023)*.

[2]. Nguyễn Ngọc Lôu, Trịnh Đình Vũ và Phạm Anh Dũng, 2024. Ảnh hưởng của việc thay đổi khung tham chiếu ITRF2014 sang ITRF2020 vào chuỗi tọa độ xác định bằng PPP: Nghiên cứu trên một số trạm CORS ở Việt Nam, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, số tháng 3/2024, p 1-7.

[3]. Nguyen Ngoc Lau, Richard Coleman, and Ha Minh Hoa, 2020. Determination of tectonic velocities of some continuously operating reference stations (CORS) in Vietnam 2016-2018 by using precise point positioning, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 43(1), p 1-12.

[4]. Simon Banville, 2020, CSRS-PPP Version 3: Tutorial, Canadian Geodetic Survey, Surveyor General Branch, Natural Resources Canada, 11pp.

[5]. Janusz Bogusz and Anna Klos, 2016. On the significance of periodic signals in noise analysis of GPS station coordinates time series, *GPS Solutions* (2016) 20:655-664, DOI 10.1007/s10291-015-0478-9.

[6]. Janusz Bogusz and Marius Figurski, 2014. Annual signals observed in regional GPS network, *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol. 11, No. 2 (174), p 125-131.

[7]. Amiri-Simkooei AR, 2013. On the nature of GPS draconitic year periodic pattern in multivariate position time series, *J Geophys Res Solid Earth* 118(5): p 2500-2511. doi:10.1002/jgrb.50199.

[8]. Mohamed Abd-Elazeem1, Ashraf Farah, Farrag A. Farrag, 2011, Assessment Study of Using Online (CSRS) GPS-PPP Service for Mapping Applications in Egypt, *Journal of Geodetic Science*, 1(3): p 233-239, DOI: 10.2478/v10156-011-0001-3.

[9]. P. Tetreault, Jan Kouba, Pierre Héroux, P. Legree, 2005, *CSRS-PPP: An internet service for GPS user access to the Canadian Spatial Reference frame*, *Geomatica* 59(1): p 17-28

[10]. Peter Bird, 2003. An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, Volume 4, Number

3, 14 March 2003, 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

[11]. Matt King, Stuart Edwards and Peter Clarke, 2002. Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing, Engineering Surveying Showcase 10/2002, p 33-34.

[12]. Emma Bryce, 2023. How many tectonic plates does Earth have?, Life's Little Mysteries, published October 12, 2023, <https://www.livescience.com/planet-earth/geology/how-many-tectonic-plates-does-earth-have>.

Summary

Determining the tectonic velocity using PPP for some CORSS in the MEKONG delta in 2019 - 2023

Nguyen Ngoc Lau, Trinh Dinh Vu

*Department of Geomatics Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam
Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam*

We use the precise point positioning (PPP) technique to process global navigation satellite system (GNSS) data of 15 continuously operating reference stations (CORS) in Vietnam for the period 2019-2023. After using the sine function to model the series of coordinate components with a fixed period of 351.6 days, the results show that the horizontal component displacement velocities of all CORSSs are similar for the entire country. However, in terms of the Up component, stations in the Mekong Delta region have much greater values than the remaining stations. The Up movement velocity of the CORSSs in 5 provinces of Tien Giang, Hau Giang, Ca Mau, Bac Lieu, and Can Tho is all downward with a value greater than -12 mm/year. Notably, stations in Can Tho and Bac Lieu provinces have Up displacement velocities of -46.5 and -51.3 mm/year, respectively. We also find that the variation of the PPP Up series at these stations does not entirely comply with the sinusoidal law like normal tectonic plate shifts. This shows that the Up movement of the CORSSs in the Mekong Delta region may be affected by subsidence of the construction and subsidence of the local geology.

Keywords: Tectonic plate velocities, GNSS, PPP, The Mekong Delta region, Vietnam.