

Bài báo khoa học

Khảo sát kết quả xử lý dữ liệu GNSS sử dụng các dịch vụ trực tuyến

Nguyễn Gia Trọng^{1,2}, Thái Trung Quốc³, Trần Đức Vinh⁴, Nguyễn Văn Cường^{2,5},
Huỳnh Nguyễn Đình Quốc^{6,*}

¹ Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mở - Địa chất;
nguyengiatrong@humg.edu.vn

² Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - môi trường, Trường Đại học Mở - Địa chất;
nguyengiatrong@humg.edu.vn; nvcuong7@monre.gov.vn

³ Công Ty Cổ Phần CIST Miền Nam; thaitrungquoc0404@gmail.com

⁴ Đoàn Đo đạc, biên vẽ hải đồ và nghiên cứu biển; vinhhtduc@gmail.com

⁵ Cục Biển và Hải đảo Việt Nam; nvcuong7@monre.gov.vn

⁶ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh;
hndquoc@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: hndquoc@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-907640797

Ban Biên tập nhận bài: 15/2/2024; Ngày phản biện xong: 25/3/2024; Ngày đăng bài:
25/6/2024

Tóm tắt: Nhiều dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến đã được công bố nhưng chưa có khảo sát về khả năng ứng dụng các dịch vụ nêu trên trong công tác trắc địa - bản đồ tại Việt Nam. Bài báo tiến hành khảo sát để đánh giá khả năng áp dụng các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến như OPUS, AusPOS, GAPS, CRCS-PPP và GNSS converter với dữ liệu đo thu nhận được bởi trạm CORS với tên gọi CTHO thuộc mạng lưới VNGEONET của Việt Nam. Qua kết quả xử lý cho thấy độ chính xác xác định tọa độ về mặt bằng của 4 dịch vụ AusPOS, GAPS, CRCS-PPP và GNSS converter là rất tốt trong khi đó kết quả xử lý với OPUS chỉ đạt được độ chính xác ở mức cm. Dịch vụ CRCS-PPP cho độ lệch so với tọa độ trung bình và biến thiên các thành phần tọa độ tốt nhất ở mức 1 mm tiếp đó là các dịch vụ AusPOS, GAPS và GNSS converter đạt 2-3 mm. Đối với dịch vụ OPUS, độ lệch tọa độ trung bình và biến thiên tọa độ đều chỉ đạt ở mức cm. Kết quả nghiên cứu của bài báo khẳng định về tiềm năng khi ứng dụng dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến trong công tác trắc địa - bản đồ tại Việt Nam.

Từ khóa: GNSS; PPP; Processing GNSS online; OPUS; AusPOS; CRCS-PPP.

1. Mở đầu

Các phương pháp xử lý dữ liệu GNSS cho ra các kết quả với độ chính xác khác nhau. Trong các trường hợp đòi hỏi độ chính xác cao, có thể áp dụng phương pháp định vị tuyệt đối chính xác (PPP) hoặc phương pháp xử lý dữ liệu dựa trên mạng lưới như Gamit/Globk, Bernese,... Khi chọn phương pháp PPP, người ta có thể sử dụng các dịch vụ dữ liệu trực tuyến như AusPOS, OPUS, hoặc sử dụng tính năng xử lý PPP có sẵn trong các phần mềm đã đề cập.

Định vị tuyệt đối chính xác được đề xuất từ rất sớm (năm 1976) [1]. Tuy nhiên, chưa được áp dụng ngay vào thực tế vì chưa có những nghiên cứu đánh giá về mặt độ chính xác đạt được cho mỗi mục tiêu ứng dụng cụ thể. Nghiên cứu [2] đã đánh giá độ chính xác xử lý PPP dựa trên dịch vụ định vị tuyệt đối của Canada (CRCS - Canadian Spatial Reference System). Kết quả định vị bằng PPP được so sánh với kết quả xử lý bằng phần mềm Bernese phiên bản 5.0 với độ lệch ở mức 4 mm theo hướng Bắc và phương thẳng đứng. Tuy nhiên,

với các nước đang phát triển hoặc các vùng xa xôi nơi mà hạ tầng định vị chưa phát triển thì phương pháp này hoàn toàn có thể được sử dụng [2]. Cũng sử dụng dịch vụ PPP CRCS, nghiên cứu [3] đã đánh giá độ chính xác xác định chiều dài cạnh được đo bằng máy thu một tần số với chiều dài lần lượt là 1, 6, 7 và 10 km. Dữ liệu đo được xử lý theo hai phương án đó là: (1) sử dụng dịch vụ CRCS và (2) xử lý cạnh theo phương pháp thông thường. Kết quả so sánh cho thấy, độ lệch chiều dài cạnh ở mức 3 dm. Kết quả xử lý sử dụng dịch vụ CRCS cũng đã được so sánh với kết quả xử lý sử dụng phần mềm mã nguồn mở RTKLib [4]. Dữ liệu đo được thu nhận tại hai điểm trong sáu ngày đo và được xử lý theo các dãy thời gian khác nhau bao gồm 0,5 giờ, 1 giờ, 2 giờ và 4 giờ.

Có nhiều dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến theo phương pháp PPP đã được thiết lập bởi các quốc gia. Kết quả xử lý PPP của các dịch vụ như APPS, GAPS, CRCS-PPP, Magic-PPP đã được Qiuying Guo so sánh và đánh giá với dữ liệu đo của 23 trạm thường trực của IGS [5]. Các kết quả ước lượng giá trị tọa độ và độ trễ tầng đối lưu theo phương thiên đỉnh (ZTDs) được so sánh với các số liệu được công bố bởi IGS. Kết quả thực nghiệm cho thấy sự khác biệt giữa ZTD theo giá trị APPS và IGS hầu hết nằm trong khoảng ± 1 cm. Đối với PPP có thời gian quan sát ngắn, độ chính xác của các thành phần N/E trong khoảng thời gian quan sát 2, 1 và 0,5 giờ có thể đạt tương ứng khoảng 2-3, 2-7 và 3-8 cm, trong khi độ chính xác của các thành phần độ cao trắc địa là lần lượt là khoảng 3-5, 5-12 và 10-18 cm. Nghiên cứu [6] cũng đã đánh giá kết quả xử lý với các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến là APPS, GAPS, CRCS-PPP để xem xét khả năng ứng dụng các dịch vụ này tại châu Phi.

Kết quả xử lý với các dịch vụ CRCS-PPP, AusPOS, Auto-GIPSY đã được so sánh với kết quả xử lý bằng Grafnav và RTKLib trên cơ sở các dữ liệu đo thuộc mạng lưới NIGNET của Nigeria [7]. Với kết quả thực nghiệm thu được, các tác giả kết luận, các giải pháp xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến có thể ứng dụng trong một số lĩnh vực đo đạc - bản đồ. Sử dụng giải pháp xử lý CRCS-PPP, nghiên cứu [8] đã kết luận rằng sử dụng kết hợp dữ liệu GPS+GLONASS cho kết quả tốt hơn so với chỉ sử dụng dữ liệu GPS.

Số lượng máy thu trong các lĩnh vực định vị GNSS động chiếm hơn 90% tổng số máy thu [1]. Độ chính xác cũng như thời gian hội tụ kết quả xử lý PPP thời gian thực đã được [9] đánh giá theo đó khi sử dụng kết hợp dữ liệu của 3 hệ thống GPS, GLONASS, BeiDou thì thời gian hội tụ giảm xuống xấp xỉ 8% và độ chính xác tăng lên xấp xỉ 8%. Sử dụng giải pháp ước lượng đồng hồ, độ chính xác xử lý hỗn hợp dữ liệu của các hệ thống vệ tinh GNSS đạt được sai số ở mức 4 cm về mặt bằng và 2 cm tương ứng về độ cao khi xử lý dữ liệu thời gian thực [10]. Khả năng xử lý của các giải pháp xử lý dữ liệu trực tuyến đã được nghiên cứu [12] so sánh với giải pháp sử dụng dịch vụ RTX. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, sử dụng dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến góp phần giảm 75% thời gian so với phương pháp truyền thống. Độ lệch chuẩn tối đa thu được là 15,4 cm từ dịch vụ APPS với thời gian dưới hai giờ, trong khi độ lệch chuẩn tối thiểu là 0,07 cm và thu được từ CSRS-PPP với thời gian từ 6 đến 12 giờ.

Độ chính xác của dịch vụ định vị chính xác thời gian thực toàn cầu Trimble CenterPoint RTX đã được đánh giá bằng việc sử dụng dịch vụ CRCS-PPP. Kết quả đánh giá cho thấy định vị thời gian thực 3D đạt được độ chính xác đến từng centimet trong thời gian hội tụ vài phút [13]. Khả năng xử lý của các dịch vụ AusPOS, CRCS-PPP cũng đã được đánh giá khi so sánh với kết quả xử lý bằng các phần mềm thương mại xử lý cạnh ngắn như Compass Post Process và GNSS Solution. Kết quả thực nghiệm cho thấy, với mức khác biệt 5% về độ chính xác trong kết quả xử lý giữa các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến với các phần mềm thương mại chứng tỏ tính hiệu quả của các dịch vụ nêu trên [14]. Nghiên cứu [15] đã đánh giá kết quả xử lý dữ liệu GNSS sử dụng các dịch vụ AusPOS, OPUS, CRCS-PPP với Magic-GNSS và cho độ chính xác kết quả đạt được ở mức cm khi xử lý dữ liệu với độ dài 3 giờ.

Kết quả xử lý dữ liệu với các dịch vụ trực tuyến đã được đối chiếu với kết quả xử lý bằng các phần mềm mã nguồn mở [16, 17]. Trong nghiên cứu [16], công cụ xử lý PPPH Matlab đã được đánh giá so với các dịch vụ trực tuyến GAPS và CRCS-PPP. Từ kết quả xử lý bằng

nhiều dịch vụ trực tuyến và công cụ mã nguồn mở, PRIDE-PPPAR được xác định là có kết quả tốt nhất, với sai số trung bình là 5,52, 5,40 và 6,79 mm tương ứng với các hướng Đông, Bắc và độ cao [17].

Nghiên cứu [18, 19] đã tiến hành nghiên cứu và phát triển chương trình xử lý dữ liệu RINEX, với kết quả đạt được là phần mềm GNSS-Adj. Nghiên cứu đã xây dựng các mô đun liên quan đến định vị tuyệt đối thông thường, định vị tuyệt đối chính xác sử dụng phép lọc Kalman mở rộng, tìm kiếm số nguyên đa trị và định vị tương đối,...Nghiên cứu [20] đã áp dụng phương pháp phân tích dữ liệu từ một số trạm CORS tại Việt Nam trong giai đoạn 2016-2018 để xác định vận tốc chuyển dịch của vỏ trái đất. Trong nghiên cứu này, vận tốc chuyển dịch được xác định bằng phương pháp PPP đã được so sánh với kết quả từ phần mềm Bernese, với độ lệch lớn nhất đạt tới 6 mm.

Bằng cách sử dụng giải pháp xử lý PPP với công cụ PPPC, nghiên cứu [21] đã phân tích chuỗi chuyển dịch theo thời gian từ dữ liệu của một số trạm CORS trên lãnh thổ Việt Nam. Sau đó, các kết quả này đã được phân tích để tìm ra quy luật chuyển dịch của vỏ trái đất tại các vị trí tương ứng. Trong một nghiên cứu khác [22], việc kết hợp dữ liệu từ các hệ thống GPS, GALILEO, BEIDOU để thực hiện định vị tuyệt đối chính xác đã được áp dụng. Kết quả thực nghiệm cho thấy độ chính xác các thành phần tọa độ đã được cải thiện lên đến 60% so với việc chỉ sử dụng dữ liệu từ hệ thống GPS.

Từ các phân tích nêu trên có thể thấy, kết quả xử lý dữ liệu GNSS bởi các dịch vụ trực tuyến cho kết quả và độ chính xác khác nhau. Bên cạnh đó, chưa có nghiên cứu nào tại Việt Nam đánh giá về kết quả xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến với các dịch vụ khác nhau. Mục tiêu của nghiên cứu này đó là khảo sát kết quả nhận được bởi 5 dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến đó là OUPS, AusPOS, GAPS, CRCS-PPP và GNSS converter.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến

a) CRCS-PPP

CSRS-PPP là một dịch vụ trực tuyến để xử lý sau dữ liệu GNSS, cho phép người dùng xác định vị trí với độ chính xác cao từ dữ liệu quan sát gốc của họ. Các ước lượng của CSRS được tính toán từ các quan sát pha mang hoặc mã pseudo-range của cả bộ thu tần số đơn và tần số kép. Người dùng có thể gửi dữ liệu quan sát trong định dạng RINEX từ bộ thu tần số đơn hoặc tần số kép hoạt động ở chế độ tĩnh hoặc chuyển động qua internet để được xử lý tiếp [23].

b) GAPS

Phần mềm lõi trong dịch vụ GAPS đã được phát triển vào năm 2007 tại Đại học New Brunswick và cung cấp cho người dùng việc xác định vị trí chính xác ở cả chế độ đo tuyệt đối tĩnh và động. Thông qua việc sử dụng các sản phẩm quỹ đạo và đồng hồ chính xác được cung cấp bởi các nguồn như Dịch vụ GNSS Quốc tế (IGS) và Tài nguyên Tự nhiên Canada (NRCAN), có thể đạt được việc xác định vị trí cấp độ centimet ở chế độ tĩnh và cấp độ decimet ở chế độ chuyển động nếu có đủ thời gian hội tụ [24].

c) OPUS

OPUS là một dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến miễn phí được quản lý và vận hành bởi Cơ quan Quản lý khí quyển và Đại dương Hoa Kỳ (NOAA). Dịch vụ này cho phép xử lý dữ liệu đo theo cả hai chế độ định vị là tĩnh nhanh và tĩnh. Các bước xử lý dữ liệu với OPUS bao gồm: (1) tải dữ liệu, (2) lựa chọn loại ăng ten, (3) khai báo chiều cao ăng ten, (4) cung cấp địa chỉ email để trung tâm xử lý gửi kết quả. Bên cạnh chế độ xử lý mặc định, dịch vụ còn cho phép người dùng thay đổi cấu hình xử lý ở mục xử lý nâng cao [25].

d) AusPos

AUSPOS là một cơ sở xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến miễn phí được cung cấp bởi Geoscience Australia. Nó tận dụng cả Mạng Lưới Trạm IGS và phạm vi sản phẩm IGS.

AUSPOS hoạt động với dữ liệu thu thập ở bất kỳ nơi nào trên Trái Đất. Người sử dụng có thể gửi dữ liệu GPS RINEX chất lượng địa đạo tần số kép được quan sát trong chế độ “tĩnh” đến hệ thống xử lý dữ liệu GPS. Kết quả xử lý sẽ được gửi tới email của người dùng với tọa độ của điểm được tính trong các hệ tọa độ như GDA2020, GDA94 hoặc khung tham chiếu trái đất quốc tế (ITRF) [26].

e) GNSS converter

Nền tảng này, do Hexagon Positioning Intelligence xây dựng và vận hành, mang lại các dịch vụ GNSS đa dạng như các giải pháp định vị PPP, RTK, định vị mạng, cùng các giải pháp tăng khí quyển và quỹ đạo chính xác. Hơn nữa, nền tảng này cũng cung cấp các giải pháp quan trắc biến dạng sử dụng công nghệ GNSS [27].

2.2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

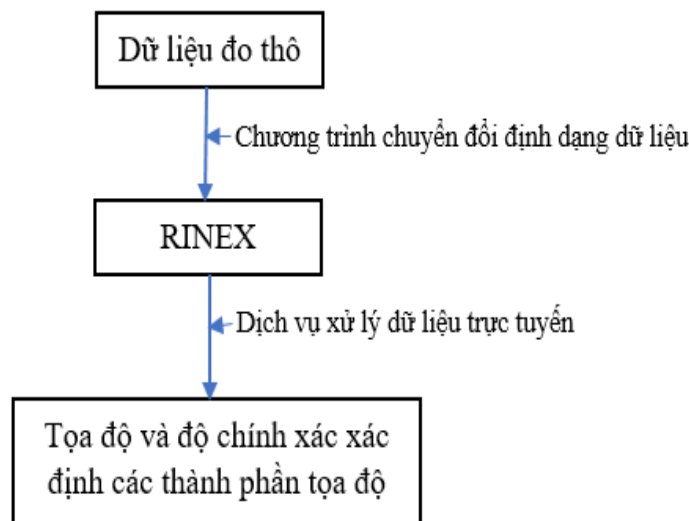
Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này được cung cấp bởi Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam thu nhận bởi trạm CORS của mạng lưới VNGEONET có tên gọi CTHO đặt tại thành phố Cần Thơ. Các thông tin về dữ liệu sử dụng được cho như trong bảng 1.

Bảng 1. Thông tin về dữ liệu nghiên cứu.

| Tên trạm | Thời gian | Giãn cách thu tín hiệu | Loại máy thu/ăng ten |
|----------|------------|------------------------|--------------------------------|
| CTHO | 26/8/2019 | 30 giây | LEICA GR50/ LEIAR25.R4 LEIT |
| | 01/01/2022 | | |
| | 02/01/2022 | | |
| | 03/01/2022 | | |

Dữ liệu đo được chuyển đổi về định dạng dữ liệu RINEX trước khi đưa vào tính toán bởi các dịch vụ như đã được giới thiệu trong mục 2.1.

Khi xử lý dữ liệu, lựa chọn chế độ xử lý mặc định và chỉ cung cấp các thông tin như loại ăng ten, chiều cao ăng ten (nếu có). Tọa độ của trạm được tính toán trong hệ tọa độ ITRF-14. Phương pháp nghiên cứu được thể hiện như trong hình 1.



Hình 1. Quy trình thực nghiệm của bài báo.

3. Kết quả và thảo luận

Dữ liệu như đã mô tả trong bảng 1 được xử lý theo quy trình trong hình 1 sử dụng 5 dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến là OPUS, AusPOS, GAPS, CRCS-PPP và GNSS converter với kết quả được cho tương ứng trong bảng 2 tới bảng 6.

Bảng 2. Kết quả xử lý với dịch vụ OPUS.

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|-----------------------|---------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | | X/B/m _x /m _B | Y/L/m _y /m _L | Z/H/m _z /m _H |
| CTHO | 26/8/2019 | -1706954.144/10°01' | 6044981.034/105°46' | 1103170.784/3.465/ |
| | | 36.56255"/0.053/0.004 | 06.15407"/0.018/0.046 | 0.006/0.032 |
| | 01/01/2022 | -1706954.203/10°01' | 6044980.972/105°46' | 1103170.761/3.418/ |
| | | 36.56204"/0.018/0.010 | 06.15648"/0.016/0.015 | 0.011/0.019 |
| | 02/01/2022 | -1706954.198/10°01' | 6044980.985/105°46' | 1103170.766/3.430/ |
| 36.56215"/0.011/0.010 | | 06.15623"/0.020/0.014 | 0.013/0.020 | |
| 03/01/2022 | -1706954.166/10°01' | 6044980.985/105°46' | 1103170.758/3.420 | |
| | | 36.56194" | 06.15522" | |
| TB | | 1706954.189 | 6044980.981 | 1103170.762 |

Bảng 3. Kết quả xử lý với dịch vụ AusPOS.

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|----------------|---------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| | | X/B/m _B | Y/L/m _L | Z/H/m _H |
| CTHO | 26/8/2019 | -1706954.150/10° | 6044981.017/105°46' | 1103170.779/3.450/0.016 |
| | | 01'36.5625"/0.008 | 06.1544"/0.006 | |
| | 01/01/2022 | -1706954.208/10° | 6044980.981/105°46' | 1103170.759/3.428/0.011 |
| | | 01'36.5619"/0.006 | 06.1566"/0.004 | |
| | 02/01/2022 | -1706954.204/10°01' | 6044980.981/105°46' | 1103170.762/3.428/0.010 |
| 36.5620"/0.006 | | 06.1564"/0.003 | | |
| 03/01/2022 | -1706954.207/10°01' | 6044980.979/105°46' | 1103170.761/3.426/0.011 | |
| | | 36.5620"/0.007 | 06.1566"/0.004 | |
| TB | | -1706954.206 | 6044980.980 | 1103170.761 |

Bảng 4. Kết quả xử lý với dịch vụ GAPS.

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|----------------|---------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| | | X/B/m _x | Y/L/m _y | Z/H/m _z |
| CTHO | 26/8/2019 | -1706954.157/10°01' | 6044980.998/105°46' | 1103170.785/3.4354/0.001 |
| | | 36.5628"/0.001 | 6.1548"/0.002 | |
| | 01/01/2022 | -1706954.208/10°01' | 6044980.968/105°46' | 1103170.761/3.4164/0.001 |
| | | 36.5621"/0.001 | 06.1567"/0.002 | |
| | 02/01/2022 | -1706954.206/10°01' | 6044980.964/105°46' | 1103170.764/3.4118/0.001 |
| 36.5622"/0.001 | | 06.1567"/0.002 | | |
| 03/01/2022 | -1706954.208/10°01' | 6044980.965/105°46' | 1103170.763/3.4133/0.001 | |
| | | 36.5622"/0.001 | 06.1567"/0.002 | |
| TB | | -1706954.207 | 6044980.966 | 1103170.763 |

Bảng 5. Kết quả xử lý với dịch vụ CRCS-PPP.

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|-----------------|---------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| | | X/B/m _B | Y/L/m _L | Z/H/m _H |
| CTHO | 26/8/2019 | -1706954.150/10°01' | 6044981.014/105°46' | 1103170.781/3.4473/0.009 |
| | | 36.56253"/0.002 | 06.15445"/0.003 | |
| | 01/01/2022 | -1706954.204/10°01' | 6044980.976/105°46' | 1103170.763/3.4224/0.009 |
| | | 36.56208"/0.002 | 06.1565"/0.003 | |
| | 02/01/2022 | -1706954.205/10°01' | 6044980.977/105°46' | 1103170.763/3.4239/0.010 |
| 36.56208"/0.002 | | 06.15651"/0.003 | | |
| 03/01/2022 | -1706954.206/10°01' | 6044980.976/105°46' | 1103170.763/3.4229/0.010 | |
| | | 36.56209"/0.002 | 06.15656"/0.003 | |
| TB | | -1706954.205 | 6044980.976 | 1103170.763 |

Bảng 6. Kết quả xử lý với dịch vụ GNSS converter.

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|----------|-----------|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | | X/B/m _x /m _B | Y/L/m _y /m _L | Z/H/m _z /m _H |
| CTHO | 26/8/2019 | -1706954.154/10°01' | 6044981.010/105°46' | 1103170.783/3.4448/0.001/0.004 |
| | | 36.5626"/0.002/0.001 | 06.1546"/0.004/0.002 | |

| Tên trạm | Thời gian | Các thành phần tọa độ/ độ chính xác (m) | | |
|-----------|------------|---|--|------------------------------------|
| | | X/B/m _x /m _B | Y/L/m _y /m _L | Z/H/m _z /m _H |
| | 01/01/2022 | -1706954.208/10°01' 36.5621"/0.002/0.001 | 6044980.982/105° 46' 06.1566"/0.004/0.002 | 1103170.765/3.4303/0.001/0.004 |
| | 02/01/2022 | -1706954.207/10°01' 36.5621"/0.002/0.001 | 6044980.980/105° 46' 06.1566"/0.004/0.002 | 1103170.766/3.4279/0.001/0.004 |
| | 03/01/2022 | -1706954.210/10°01' 36.5622"/0.002/0.001 | 6044980.985/105° 46' 06.1566"/0.004/0.002 | 1103170.766/3.4334/0.001/0.004 |
| TB | | -1706954.208 | 6044980.982 | 1103170.766 |

Trong bảng 2 đến bảng 6, giá trị các thành phần tọa độ trung bình (TB) được tính từ các thành phần tọa độ xác định được từ ngày 01/01 đến 03/01/2022. Kết quả xử lý với GNSS converter, OPUS cung cấp đầy đủ độ chính xác của các thành phần tọa độ; AusPOS, CRCS-PPP cung cấp độ chính xác xác định tọa độ trắc địa còn dịch vụ GAPS chỉ cung cấp độ chính xác xác định thành phần tọa độ X, Y, Z. Cấu trúc thông tin trong các bảng này bao gồm: X, Y, Z là các thành phần tọa độ trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm; B, L, H là các thành phần tọa độ trắc địa; m_B, m_L, m_H và m_X, m_Y, m_Z là độ chính xác xác định các thành phần tọa độ tương ứng. Từ kết quả trên có thể thấy, khi xử lý với các dịch vụ như GNSS converter, CRCS-PPP và GAPS cho độ chính xác xác định các thành phần tọa độ rất nhỏ (dưới 5 mm) ngoại trừ thành phần độ cao xác định với CRCS-PPP đạt 1 cm. Kết quả xử lý với hai dịch vụ còn lại cho độ chính xác kém hơn.

Nghiên cứu tiếp tục khảo sát giá trị độ lệch tọa độ trung bình và biến thiên các thành phần tọa độ giữa các ngày liên tiếp nhau với kết quả được thể hiện trên bảng 7.

Bảng 7. Độ lệch tọa độ trung bình và biến thiên tọa độ theo ngày.

| Dịch vụ | Thời gian | Độ lệch so với tọa độ trung bình | | | Biến thiên tọa độ theo ngày | | |
|----------------|------------|----------------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|
| | | X (m) | Y (m) | Z (m) | X (m) | Y (m) | Z (m) |
| OPUS | 01/01/2022 | -0,014 | -0,009 | -0,001 | | | |
| | 02/01/2022 | -0,009 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,013 | 0,005 |
| | 03/01/2022 | 0,023 | 0,004 | -0,004 | 0,032 | 0 | -0,008 |
| AusPOS | 01/01/2022 | -0,002 | 0,001 | -0,002 | | | |
| | 02/01/2022 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,000 | 0,003 |
| | 03/01/2022 | -0,001 | -0,001 | 0,000 | -0,003 | -0,002 | -0,001 |
| GAPS | 01/01/2022 | -0,001 | 0,002 | -0,002 | | | |
| | 02/01/2022 | 0,001 | -0,002 | 0,001 | 0,002 | -0,004 | 0,003 |
| | 03/01/2022 | -0,001 | -0,001 | 0,000 | -0,002 | 0,001 | -0,001 |
| CRCS-PPP | 01/01/2022 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | 02/01/2022 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | -0,001 | 0,001 | 0,000 |
| | 03/01/2022 | -0,001 | 0,000 | 0,000 | -0,001 | -0,001 | 0,000 |
| GNSS converter | 01/01/2022 | 0,000 | 0,000 | -0,001 | | | |
| | 02/01/2022 | 0,001 | -0,002 | 0,000 | 0,001 | -0,002 | 0,001 |
| | 03/01/2022 | -0,002 | 0,003 | 0,000 | -0,003 | 0,005 | 0,000 |

Bảng 8 có thể thấy, khi xử lý với CRCS-PPP cho giá trị độ lệch so với tọa độ trung bình và biến thiên thành phần tọa độ theo ngày là nhỏ nhất. Các kết quả xử lý với GAPS, AusPOS, GNSS converter cho độ lệch lớn hơn một chút nhưng gần như đều nhỏ hơn 5 mm. Kết quả độ lệch các thành phần tọa độ xác định được khi sử dụng OPUS cho độ chính xác kém nhất (lên tới cm). Như vậy có thể thấy rằng, kết quả xác định sử dụng các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến (trừ dịch vụ OPUS) cho kết quả khá hội tụ và có thể xem xét để ứng dụng vào các công tác trắc địa tại Việt Nam.

Để thấy rõ hơn nữa hiệu quả xử lý của các dịch vụ, so sánh giá trị thay đổi độ cao (v_H) với kết quả xử lý sử dụng phần mềm Gamit/Globk với quy trình như trong [28] (PA1) và kết quả xác định trong [29] (PA2). Trong nghiên cứu [29], các tác giả sử dụng phần mềm Bernese phiên bản 5.2 để xác định lượng chuyển dịch các thành phần tọa độ của điểm trên cơ sở hai ngày độc lập. Theo đó, lượng chuyển dịch thành phần độ cao của điểm CTHO xác định được theo phương án này là -0,01 m/năm. Trong khi đó, nghiên cứu [28] phân tích

chuỗi dữ liệu GNSS thu nhận được từ ngày 26/8/2029 đến 18/03/2022 để xác định lượng chuyển các thành phần tọa độ. Kết quả xác định lượng chuyển dịch thành phần độ cao xác định được theo quy trình nêu trên đối với điểm CTHO là -0,014 m/năm. Kết quả so sánh sự thay đổi độ cao được thể hiện trên bảng 8.

Bảng 8. So sánh sự thay đổi độ cao.

| Dịch vụ | vH (m) | Độ lệch (m) | |
|----------------|--------|-------------|--------|
| | | PA1 | PA2 |
| OPUS | -0,018 | -0,004 | -0,008 |
| AusPOS | -0,100 | 0,004 | 0,000 |
| GAPS | -0,009 | 0,001 | 0,001 |
| CRCS-PPP | -0,008 | 0,006 | 0,002 |
| GNSS converter | -0,006 | 0,008 | 0,004 |

Bảng 8 có thể thấy, giá trị độ lệch độ cao xác định theo dịch vụ GAPS có độ lệch nhỏ nhất. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng việc xác định sự thay đổi về độ cao trong PA1 sử dụng chuỗi thời gian trong khoảng 2,5 năm.

4. Kết luận

Định vị tuyệt đối chính xác (PPP) được khẳng định có thể đạt được độ chính xác ở mức cm. Để phát huy ưu điểm của xử lý PPP, nhiều dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến cũng như phần mềm mã nguồn mở đã được xây dựng và công bố. Các kết quả khảo sát trên thế giới cho thấy, hoàn toàn có thể ứng dụng trong nhiều nội dung công việc có sử dụng tín hiệu của các vệ tinh định vị và dẫn đường.

Bài báo đã tiến hành khảo sát xử lý dữ liệu GNSS thu nhận được bởi trạm thu GNSS CORS có tên CTHO sử dụng 5 dịch vụ xử lý PPP trực tuyến đó là OPUS, AusPOS, GAPS, CRCS-PPP và GNSS converter. Từ kết quả nhận được cho thấy, sử dụng các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến đạt kết quả tốt ngoại trừ dịch vụ OPUS cho độ chính xác thấp, độ lệch tọa độ trung bình cũng như biến thiên tọa độ lớn. Với độ chính xác xác định tọa độ đạt được như trên, hoàn toàn có thể ứng dụng kết quả đạt được với dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến trong công tác trắc địa - bản đồ tại Việt Nam.

Bài báo mới khảo sát về độ lệch tọa độ, biến thiên các thành phần tọa độ từ kết quả xử lý sử dụng các dịch vụ xử lý dữ liệu GNSS trực tuyến độc lập. Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu để xác định giá trị độ lệch tọa độ xác định được khi sử dụng các dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến với kết quả xử lý sử dụng các phần mềm như Bernese, Gamit/Glokb ... hoặc với tọa độ chính xác đã được công bố trước đó.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.G.T., T.T.Q., T.D.V., N.V.C., H.N.D.Q.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.G.T., T.T.Q., T.D.V., N.V.C., H.N.D.Q.; Xử lý số liệu: T.T.Q., T.D.V., H.N.D.Q., N.V.C.; Viết bản thảo bài báo: N.G.T., N.V.C., H.N.D.Q.; Chỉnh sửa bài báo: N.G.T., H.N.D.Q.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Lời cảm ơn: Các tác giả của bài báo trân trọng cảm ơn Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam đã cung cấp số liệu; đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường mã số TNMT.2024.02.07 đã cung cấp kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Teunissen, P.J.G.; Montenbruck, O. Handbook of global navigation satellite system. Springer 2017, e-ISBN: 978-3-319-42928-1.
2. Ebner, R.; Featherstone, W.E. How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?. *J. Appl. Geod.* **2008**, 2(3), 149–157.

3. Mohamed, A.; Ashraf, F.; Farrag, A. Assessment study of using online (CSRS) GPS-PPP service for mapping applications in Egypt. *J. Geodetic Sci.* **2011**, 1(3), 233–239.
4. Grzegorz, K.; Karol, D.; Krzysztof, S. Comparison of position determination accuracy conducted by PPP technique using web-based online service and dedicated scientific software. Proceeding of the 9th International Conference “Environmental Engineering” 2014, enviro.2014.226. <http://dx.doi.org/10.3846/enviro.2014.226>.
5. Qiuying, G. Precision comparison and analysis of four online free PPP services in static positioning and tropospheric delay estimation. *GPS Solution* **2014**, 19(4), 537–544. <http://dx.doi.org/10.1007/s10291-014-0413-5>.
6. Abdallah, A.; Schwieger, V. Static GNSS precise point positioning using free online services for Africa. *Surv. Rev.* **2015**, 48(346), 61–77. <http://dx.doi.org/10.1179/1752270615Y.0000000017>.
7. Paolo, D.; Marco, P.; Kawuna, N.J. Statistical comparison of PPP solution obtained by Online Post-Processing Services. *IEEE* **2016**, 137–143.
8. Saad, B.; Ali, A.H.; El-Sayed, M.S.; Elbeah, M.N. Performance evaluation of precise point positioning (PPP) using CSRS-PPP online service. *Am. J. Geogr. Inf. Syst.* **2017**, 6(4), 156–167.
9. Naser, A.; Ardalan, A.A.; Roohollah, K.; Mohammad-Hadi, R. Performance assessment of multi-GNSS real-time PPP over Iran. *Adv. Space Res.* **2017**, 59(12), 2870–2879. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2017.03.024>.
10. Wenju, F.; Guanwen, H.; Qin, Z.; Shengfeng, G.; Maorong, G.; Harald, S. Multi-GNSS real-time clock estimation using sequential least square adjustment with online quality control. *J. Geod.* **2018**, 93(11), 963–976. <https://doi.org/10.1007/s00190-018-1218-z>.
11. Herbert, T.; Ibrahim, O.R. Comparative analysis of different online GNSS processing services. *Lagos J. Environ. Studies* **2019**, 10(1), 1–12.
12. Ahmed, E.S.; Yehia, M. Accuracy assessment of relative and precise point positioning online GPS processing services. *J. Appl. Geod.* **2019**, 13(3), 215–227. <https://doi.org/10.1515/jag-2018-0046>.
13. Reha, M.A.; Serdar, E.; Ozulu, I.M.; Veli, I. Accuracy comparison of post-processed PPP and real-time absolute positioning techniques. *Geomatics Nat. Hazards Risk* **2020**, 11(1), 178–190.
14. Tata, H.; Nzelibe, I.U.; Raufu, I.O. Assessing the accuracy of online GNSS processing services and commercial software on short baselines. *South Afr. J. Geomatics* **2020**, 9(2), 321–332.
15. Eren, G.O. Investigation of the performance of web-based online data processing services that offer relative and absolute positioning (PPP) solution approach in different observation periods. *Geomatik Dergisi* **2022**, 7(1), 41–51.
16. Mahmoud, E.; Ahmed, Z.; Shehata, A.G.; Elhalawani, M.A. Comparison of PPPH MATLAB based program vs online GNSS services. *Delta Univ. Sci. J.* **2023**, 6(1), 1–7.
17. Jesus, R.V.; Jorge, P.; Gaxiola-Camacho, J.R.; Guadalupe, E.V. Evaluation and analysis of the accuracy of open-source software and online services for PPP processing in static mode. *Remote Sens.* **2023**, 15(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs15082034>.
18. Trọng, N.G.; Quang, P.N. Ứng dụng phép lọc Kalman (EKF) trong giải bài toán định vị tuyệt đối khoảng cách giả. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2019**, 60(1), 72–78.
19. Trọng, N.G. Nghiên cứu thuật toán và xây dựng chương trình xử lý số liệu GNSS dạng RINEX nhằm phát triển ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh tại Việt Nam. Luận án tiến sĩ kỹ thuật trắc địa - bản đồ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2019.
20. Lau, N.N.; Richard, C.; Hoa, H.M. Determination of tectonic velocities of some continuously operating reference station (CORS) in Vietnam 2016 - 2018 by using precise point positioning. *VN J. Earth Sci.* **2020**, 43(1), 1–12.
21. Trong, T.D.; Long, N.Q.; Huy, N.D. General geometric model of GNSS position time series for crustal deformation studies – A case study of CORS stations in Vietnam. *J. Pol. Miner. Eng. Soc.* **2021**, 2(1), 183–198.

22. Lâu, N.N.; Nam, T.V. Định vị tuyệt đối kết hợp ba hệ thống GPS, GALILEO và BEIDOU. *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ* **2023**, 38, 11–16.
23. CRCS-PPP. Trục tuyến: <https://webapp.csrscs-scrcs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>.
24. GAPS. Trục tuyến: <http://gaps.gge.unb.ca/index.html>.
25. OPUS. Trục tuyến: <https://geodesy.noaa.gov/OPUS/>
26. AusPOS. Trục tuyến: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>.
27. GNSS converter. Trục tuyến: https://gps-solutions.com/gnss_converter.
28. Trọng, N.G.; Nghĩa, N.V.; Khải, P.C.; Thành, N.H.; Hà, L.L.; Dũng, V.T.; Quân, N.V.; Quang, P.N. Xác định chuyển dịch trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam dựa vào dữ liệu của các trạm CORS thuộc mạng lưới VNGEONET. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 739, 59–66.
29. Quân, N.V.; Trung, V.Đ.; Nam, T.V. Ứng dụng mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET) trong hoạt động đo đạc bản đồ, nghiên cứu khoa học trái đất và một số lĩnh vực khác trong thời kỳ chuyển đổi số. *Tuyên tập Hội nghị Khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học Trái đất và Môi trường 2021*, tr. 25–32.

Surveying the results of GNSS data processing using online services

Nguyen Gia Trong^{1,2}, Thai Trung Quoc³, Tran Duc Vinh⁴, Nguyen Van Cuong^{2,5}, Huynh Nguyen Dinh Quoc^{6,*}

¹ Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology; nguyengiatrong@humg.edu.vn

² Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology; nguyengiatrong@humg.edu.vn; nvcuong7@monre.gov.vn

³ CIST Southern Joint Stock Company; thaitrungquoc0404@gmail.com

⁴ Viet Nam's people naval hydrographic and oceanographic department; vinhtduc@gmail.com

⁵ The Vietnam Agency of Seas and Islands; nvcuong7@monre.gov.vn

⁶ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; hndquoc@hcmunre.edu.vn

Abstract: Many online GNSS data processing services have been announced but there has been no survey on the applicability of these services in geodetic mapping in Vietnam. This article conducts a survey to assess the applicability of online data processing services such as OPUS, AusPOS, GAPS, CRCS-PPP, and GNSS converter with data collected by CORS station named CTHO in the VNGEONET network of Vietnam. The processing results show that the accuracy of determining ground coordinates for the AusPOS, GAPS, CRCS-PPP, and GNSS converter services is very good, while the processing result with OPUS only achieves centimeter accuracy. CRCS-PPP service provides the smallest deviation from the mean coordinates and the variation of coordinate components at the level of 1 mm, followed by AusPOS, GAPS, and GNSS converter services achieving 2-3 mm. For the OPUS service, both the mean coordinate deviation and coordinate variation only reach centimeter level. The research results of the article affirm the potential of applying online data processing services in geodetic mapping in Vietnam.

Keywords: GNSS; PPP; Processing GNSS online; OPUS; AusPOS; CRCS-PPP.