



## So sánh kết quả định vị tuyệt đối xử lý bằng Bernese và theo dịch vụ định vị trực tuyến (Online PPP service)

Nguyễn Việt Thuận<sup>1\*</sup>, Trần Văn Phong<sup>1</sup>, Văn Đức Tùng<sup>1</sup>, Hoàng Quang Vinh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thanh Hương<sup>1</sup>, Vũ Tuấn Hùng<sup>1</sup>, Đào Hải Nam<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Viện Địa chất – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 84, Phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam.  
Email tác giả liên hệ: thuan191986@gmail.com*

### Tóm tắt:

Hiện nay, các dịch vụ định vị trực tuyến dựa trên Web được phát triển bởi một số tổ chức; thân thiện với người dùng, không giới hạn và hầu hết đều miễn phí; đã trở thành một sự thay thế đáng kể so với phần mềm khoa học và thương mại có chi phí cao. Nghiên cứu thử nghiệm này đã được thực hiện trên trạm LANG để tìm ra sự khác biệt về các dịch vụ trực tuyến dựa trên Web được sử dụng nhiều nhất trên toàn thế giới (cụ thể là CSRS-PPP, GAPS). Các dịch vụ này sử dụng các phương pháp tiếp cận giải pháp định vị điểm tuyệt đối và chính xác (PPP- Precise Point Positioning). Tọa độ PPP của trạm được ước tính bằng cách sử dụng cả dịch vụ trực tuyến và phần mềm Bernese 5.2 từ bộ dữ liệu GPS 24 giờ, sau đó tính toán sự khác biệt về tọa độ giữa các dịch vụ trực tuyến và phần mềm xử lý Bernese. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng cho từng giải pháp khác biệt là dưới 10 mm đối với dịch vụ trực tuyến định vị điểm chính xác. Độ chính xác vị trí điểm thu được từ các dịch vụ trực tuyến cung cấp giải pháp có độ chính xác cao có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng kỹ thuật và phân tích trắc địa.

**Từ khóa:** GPS; Precise Point Positioning (PPP); Web-Based Online Services

Ngày nhận bài: 28/02/2024

Ngày sửa lại: 08/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 11/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

## Compare absolute positioning results processed by Bernese and online positioning services (Online PPP service)

Nguyen Viet Thuan<sup>1\*</sup>, Tran Van Phong<sup>1</sup>, Van Duc Tung<sup>1</sup>, Hoang Quang Vinh<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thanh Huong<sup>1</sup>, Vu Tuan Hung<sup>1</sup>, Dao Hai Nam<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Institute of Geology – Vietnam Academy of Science and Technology, No 84 Chua Lang Street, Dong Da District, Hanoi, Vietnam*

*Corresponding Author Email: thuan191986@gmail.com*

### Abstract:

Web-based online location services are developed by a number of organizations; User-friendly, unlimited and mostly free; has become a significant alternative to high-cost scientific and commercial software to achieve GPS data processing and analysis. When centimeter (cm) level accuracy is desired, it is easily achieved with these services. In this paper, an experimental study was performed on the LANG station; Institute of Geology to find an accurate analysis of the most used web-based online services worldwide (namely CSRS-PPP, GAPS). These services use relative and precise point positioning (PPP) solution approaches. In this pilot study, station coordinates were estimated using an online service and GPS Bernese 5.2 processing software from a 24-hour GPS data set, and then the difference in coordinates between stations was calculated. Bernese online services and software. From the evaluations, it is seen that the results for each solution differ by less than 10 mm for the precise point positioning online service. The results show that the position accuracy obtained from the related online services provides a highly accurate solution that can be used in a variety of geodetic analysis and engineering applications.

**Keywords:** GPS; Precise Point Positioning (PPP); Web-Based Online Services

Submission received: 28/02/2024

Revised: 08/03/2024

Accepted: 11/03/2024

Published: 30/03/2024

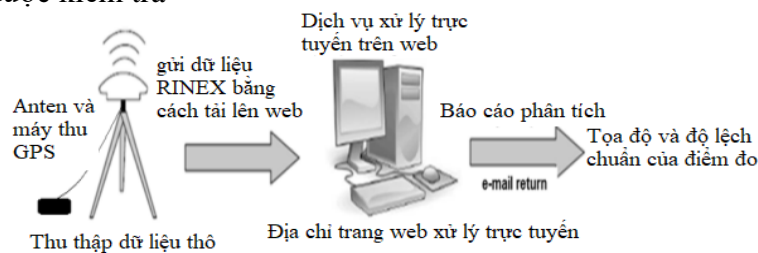
## 1. Mở đầu

Ngày nay, khi các dịch vụ Internet phát triển, có thể cung cấp dịch vụ trực tuyến cho nhiều ứng dụng trong lĩnh vực kỹ thuật thông qua Internet. Một trong những dịch vụ này là đánh giá dữ liệu GPS trực tuyến [1]. Tính năng quan trọng nhất của các ứng dụng dựa trên Internet là các dịch vụ này miễn phí và dễ sử dụng. Gần đây, các dịch vụ định vị GNSS dựa trên web đã phát triển như một lựa chọn bổ sung cho các phương pháp tính toán cổ điển. Các dịch vụ như vậy tự động tạo ra các giải pháp bằng cách sử dụng một số tập dữ liệu đo GNSS được tải qua giao diện web qua Internet [2]. Các quan sát GNSS được thu thập tại hiện trường được ghi lại ở các định dạng dữ liệu tiêu chuẩn như Receiver Independent Exchange Format (RINEX) và sau đó được tải lên các dịch vụ định vị dựa trên web, cho phép thu được tọa độ vị trí của các điểm quan sát trong thời gian ngắn và miễn phí [3].

Dịch vụ định vị dựa trên web đã được coi là giải pháp thay thế cho phần mềm khoa học hoặc thương mại trong 15 năm trở lại đây. Bất cứ nơi nào có truy cập Internet, việc đánh giá dữ liệu RINEX bằng các dịch vụ đó sẽ dễ dàng hơn. Một khía cạnh đáng tin cậy khác là việc sử dụng phần mềm khoa học (Bernese, Gamit, GIPSY/OASIS II, v.v.) chạy trong nền của các hệ thống này. Những dịch vụ này cũng mang lại nhiều lợi ích cho người dùng bằng cách giảm chi phí của nhiều

phần mềm, phần cứng, công cụ, nhân sự và dịch vụ vận chuyển. Kết quả từ các dịch vụ này ở dạng báo cáo tóm tắt hoặc chi tiết. Giá trị độ lệch chuẩn của các điểm này được gửi cùng với tọa độ điểm ước tính trong báo cáo. Một số dịch vụ gửi báo cáo tóm tắt dưới dạng thông tin tóm tắt ngắn, trong khi một số dịch vụ cung cấp báo cáo chi tiết với phần trình bày chi tiết và đồ họa. Nhiều dịch vụ trong số này là miễn phí và một số dịch vụ yêu cầu tư cách thành viên để truy cập bằng tên người dùng và mật khẩu trong khi sử dụng.

Các dịch vụ định vị dựa trên web gồm hai loại giải pháp khác nhau: Đầu tiên là phương pháp định vị tương đối và thứ hai là phương pháp giải pháp định vị điểm chính xác (PPP). Trong nghiên cứu này, giải pháp định vị điểm chính xác dựa trên web được sử dụng. Các dịch vụ chủ yếu được sử dụng cho giải pháp PPP chỉ sử dụng các sản phẩm GPS hoặc GPS + GLONASS như quỹ đạo và hiệu chỉnh đồng hồ. Luồng dữ liệu cho cả hai dịch vụ định vị dựa trên web được hiển thị trong Hình 1. Trong nghiên cứu này, hai dịch vụ PPP dựa trên web khác nhau: GAPS và CSRS-PPP, được biết đến nhiều nhất và được sử dụng rộng rãi, các thuộc tính chung của dịch vụ, địa chỉ truy cập và kết quả phân tích đều được kiểm tra



Hình 1. Sơ đồ trình bày các dịch vụ định vị dựa trên web.

## 2. Phương pháp và các tiện ích xử lý số liệu GNSS.

Kỹ thuật PPP dựa trên việc đánh giá mã và phép đo pha được thu thập từ một máy thu. Trong kỹ thuật này, vị trí máy thu được xác định trực tiếp bằng cách sử dụng quỹ đạo chính xác và hiệu chỉnh đồng hồ do IGS (International GNSS Service) và các tổ chức tương tự ban hành [5, 6]. Sự thành công của việc định vị bằng kỹ thuật PPP phụ thuộc phần lớn vào việc xác định sự thay đổi quỹ đạo chính xác của vệ tinh GPS. Do đó, với giải pháp PPP, điều quan trọng là phải có được thông tin quỹ đạo chính xác và đồng hồ vệ tinh thay vì thông tin quỹ đạo được phát từ vệ tinh. Độ chính xác, độ trễ phát sóng, cập nhật và khoảng thời gian thu tín hiệu đối với quỹ đạo vệ tinh GPS chính xác và hiệu chỉnh đồng hồ do IGS công bố được nêu trong Bảng 1. Ngày nay, do độ chính xác của quỹ đạo vệ tinh chính xác và các sản phẩm đồng hồ do các tổ chức như IGS, CODE và JPL công bố ngày càng tiên bộ, việc sử dụng kỹ thuật PPP ngày càng tăng trong việc xác định vị trí điểm.

Bảng 1. Thông tin các loại lịch vệ tinh (Nguồn: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/>)

Loại lịch vệ tinh	Sai số quỹ đạo/ Đồng hồ vệ tinh	Độ chính xác	Thời gian hình thành	Thời gian cập nhật	Tần xuất tín hiệu
Quảng bá (Broadcast)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	100 cm 5 ns RMS 2.5 ns SDEV	Tức thời	----	Hàng ngày
Cực nhanh – dự báo (Ultrarapid – predicted)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	5cm 3 ns RMS 1.5 SDEV	Tức thời	3,9,15,21 UTC	15 min
Cực nhanh – quan trắc (Ultrarapid – observed)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	3 cm 150 ps RMS 50 ps SDEV	Sau 3-9 h	3,9,15,21 UTC	15 min
Nhanh - Rapid	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	2.5 cm 75 ps RMS 24 ps SDEV	Sau 17-41 h	17h UTC	15min
Cuối cùng - Final	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	2.5 cm 75 ps RMS 20 ps SDEV	Sau 12 – 18 ngày	Thứ 5 hàng tuần	15min



Dưới đây là phương trình quan sát độc lập với tầng điện ly của phép đo khoảng cách giả và pha sóng mang bao gồm vị trí máy thu, độ lệch đồng hồ, độ trễ tầng đối lưu, pha sóng mang không xác định các thông số và sai số quan sát [3]:

$$lp = p + c(dt - dT) + T_r + I_r + \varepsilon_p$$

$$l\varphi = p + c(dt - dT) + N\lambda + T_r + I_r + \varepsilon_\varphi \quad (1)$$

trong đó  $lp$  và  $l\varphi$  lần lượt là sự kết hợp độc lập với tầng điện ly của các phép đo mã và pha;  $dt$  là độ lệch đồng hồ của máy thu, là chênh lệch giữa thời gian của máy thu (đồng hồ của máy thu) và thời gian hệ thống (GPS);  $dT$  là độ lệch đồng hồ vệ tinh, là chênh lệch giữa thời gian vệ tinh (đồng hồ vệ tinh) và thời gian hệ thống (GPS);  $c$  là tốc độ ánh sáng trong không gian;  $N$  là số nguyên của pha sóng mang độc lập với tầng điện ly;  $T_r$  là độ trễ tín hiệu tầng đối lưu và  $I_r$  là độ trễ tín hiệu tầng điện ly giữa vệ tinh và máy thu;  $\lambda$  là bước sóng;  $\varepsilon_\varphi$  và  $\varepsilon_p$  là các thành phần nhiễu bao gồm cả sự phản xạ tín hiệu [4-6]. Khoảng cách hình học giữa vệ tinh ( $X^s, Y^s, Z^s$ ) và máy thu ( $X^r, Y^r, Z^r$ ) được xác định như sau:

$$\rho = \sqrt{(X^s - X^r)^2 + (Y^s - Y^r)^2 + (Z^s - Z^r)^2} \quad (2)$$

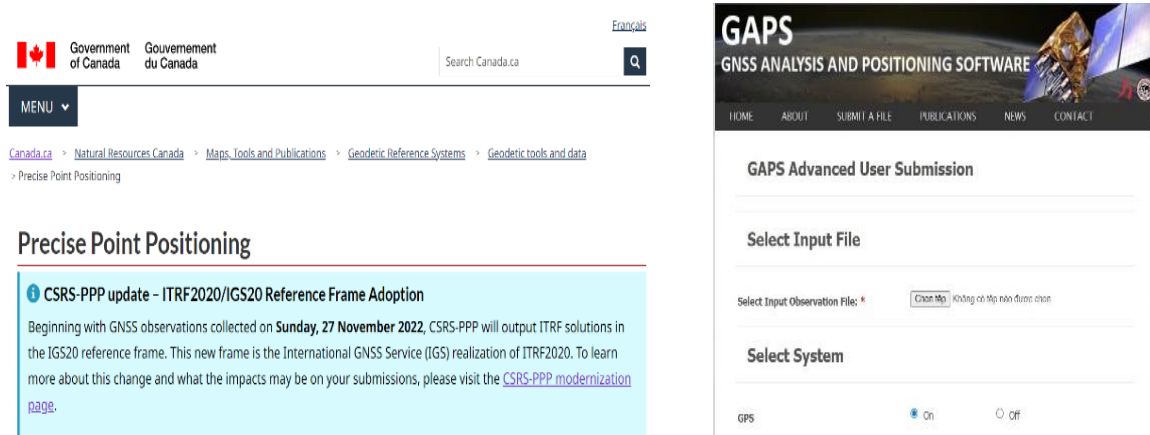
Các dịch vụ GNSS dựa trên web rất dễ sử dụng và không yêu cầu kiến thức bổ sung về phần mềm. Dữ liệu ở định dạng RINEX thu được từ máy thu GNSS được xử lý bằng cách tải chúng lên giao diện web của các dịch vụ định vị dựa trên web. Tùy thuộc vào dịch vụ được cung cấp được sử dụng, một số dịch vụ yêu cầu thông tin bổ sung như nhãn hiệu ăng-ten thu sóng và chiều cao ăng-ten. Khi kết thúc quá trình đánh giá được bắt đầu sau quá trình tải lên các quan sát GNSS, báo cáo cuối cùng về các quan sát GNSS có liên quan sẽ được trình bày cho người dùng qua e-mail hoặc liên kết có thể tải xuống từ giao diện web. Địa chỉ Internet của các dịch vụ định vị dựa trên web có thể xử lý các trị đo GNSS theo phương pháp PPP và cung cấp chúng cho người dùng được nêu trong Bảng 2. Để đáp ứng độ chính xác định vị điểm tùy từng yêu cầu đặt ra, mỗi dịch vụ cũng cập nhật riêng cho mình các số liệu hỗ trợ khác nhằm đưa ra kết quả tốt nhất cho khách hàng.

Bảng 2. Thông tin địa chỉ Web các dịch vụ định vị trực tuyến.

Tính năng	APPS	GAPS	CSRS-PPP	Magic-PPP
Cơ quan phát triển	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	University of New Brunswick (UNB)	Natural Resources Canada (NRCan)	Spain GMV Company
Trang web dịch vụ	<a href="http://apps.gdgps.net">http://apps.gdgps.net</a>	<a href="http://gaps.gge.unb.ca/">http://gaps.gge.unb.ca/</a>	<a href="http://www.geod.nrcan.gc.ca/">http://www.geod.nrcan.gc.ca/</a>	<a href="http://magicgnss.gmv.com/ppp">http://magicgnss.gmv.com/ppp</a>
Phiên bản mới nhất	GIPSY 6.2	GAPS V5.2	CSRS-PPP	Magic GNSS 5.3
Các phép đo được hỗ trợ xử lý	Static	Static, kinematic	Kinematic, static	Static, kinematic
Dữ liệu đo	Dual-frequency	Dual-frequency	Single or dualfrequency	Dual-frequency
Hạn chế của tập tin tải lên	5 Mb	10 Mb	100 Mb	5 Mb
Hệ vệ tinh	GPS	GPS	GPS\ GLONASS	GPS\GLONASS
Khung tham chiếu	ITRF2014	ITRF2014/NAD83	ITRF2014/NAD83- CSRS	ITRF2014
Lịch vệ tinh chính xác	JPL rapid/final/real-time	IGS	IGS	IGS\GMV
Mô hình độ trễ tầng đối lưu	GMF: troposphere mapping function	UNB-VMF1; UNB3 MF: VMF1-gridded	Dry delay: Davis Wet delay: Hopf MF: GMF	--
Ước tính độ trễ tầng đối lưu	Độ trễ khô và ướt theo phương thiên đỉnh	Độ trễ theo phương thiên đỉnh	Độ trễ theo phương thiên đỉnh	Độ trễ khô và ướt theo phương thiên đỉnh



Dịch vụ phân tích và định vị GNSS (GAPS) với địa chỉ truy cập <http://gaps.gge.unb.ca/> là dịch vụ xử lý dựa trên web do Đại học New Brunswick (UNB) cung cấp. Đây là một dịch vụ không yêu cầu đăng ký thành viên. Dịch vụ này sử dụng các sản phẩm đồng hồ và quỹ đạo nhanh, cuối cùng của IGS trong quá trình thu tín hiệu GPS, dịch vụ chưa đưa vào tính toán dữ liệu hỗ trợ tầng điện ly, tải trọng đại dương.... GAPS là dịch vụ cung cấp giải pháp GNSS cho người dùng qua e-mail. Các giải pháp tọa độ của GAPS được thể hiện trong khung tham chiếu ITRF14.



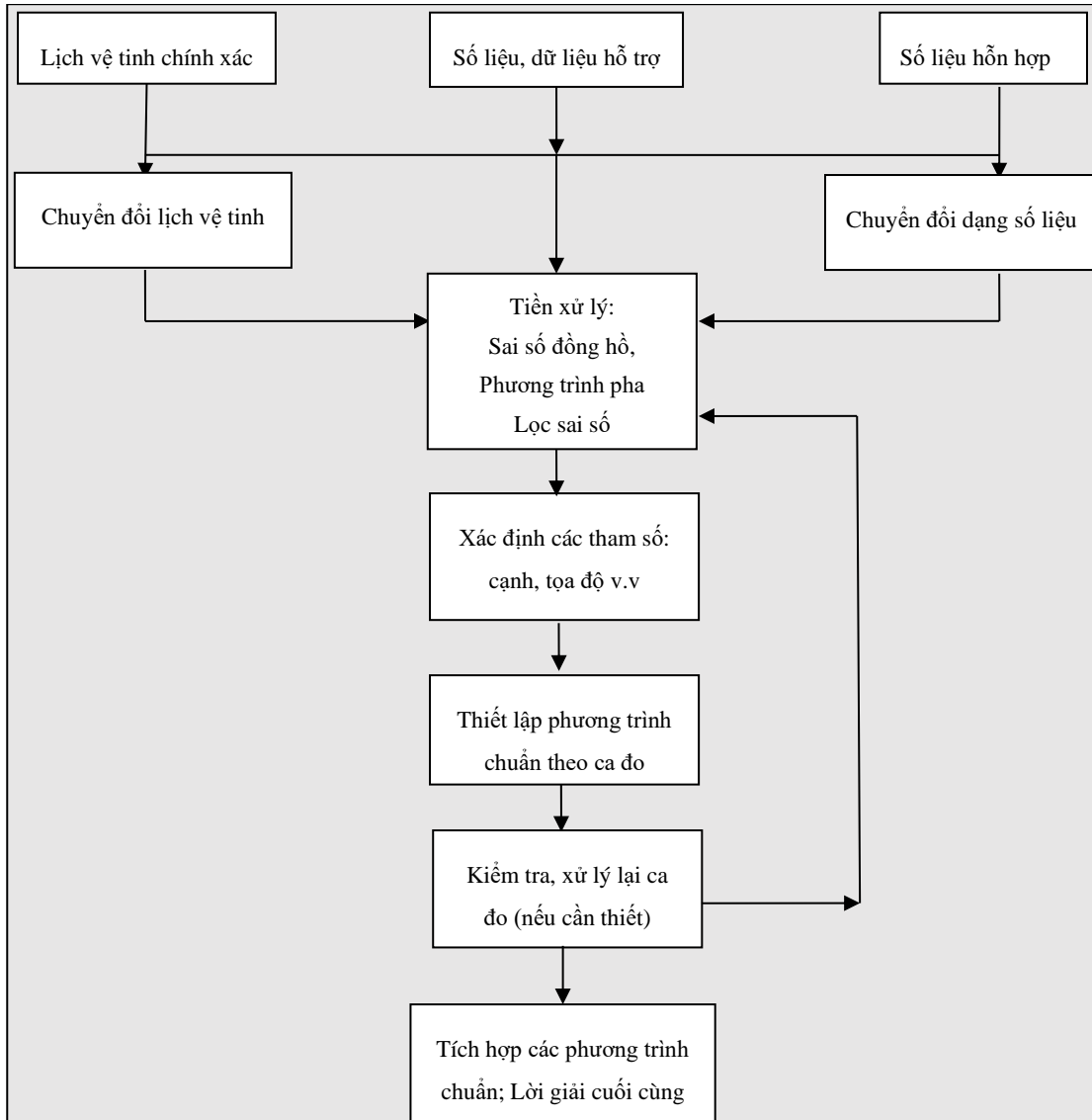
Hình: Giao diện trên internet của các dịch vụ CSRS-PPP, GAPS.

Định vị điểm chính xác của Hệ thống tham chiếu không gian Canada (CSRS-PPP) địa chỉ truy cập <https://webapp.csrscscrs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> là dịch vụ xử lý GNSS dựa trên web do Bộ Tài nguyên Canada (NRCAN) cung cấp. CSRS-PPP sử dụng các sản phẩm đồng hồ và quỹ đạo GPS chính xác do IGS cung cấp. Các giải pháp tọa độ PPP được thể hiện trong cả dữ liệu NAD83 và ITRF14 với các báo cáo phân tích đồ họa chi tiết [7]. Dịch vụ này đã tích cực xử lý dữ liệu GLONASS từ ngày 4 tháng 10 năm 2011 và chấp nhận các tệp hiệu chỉnh tải thủy triều đại dương (OTL) do người dùng cung cấp từ ngày 14 tháng 2 năm 2012.

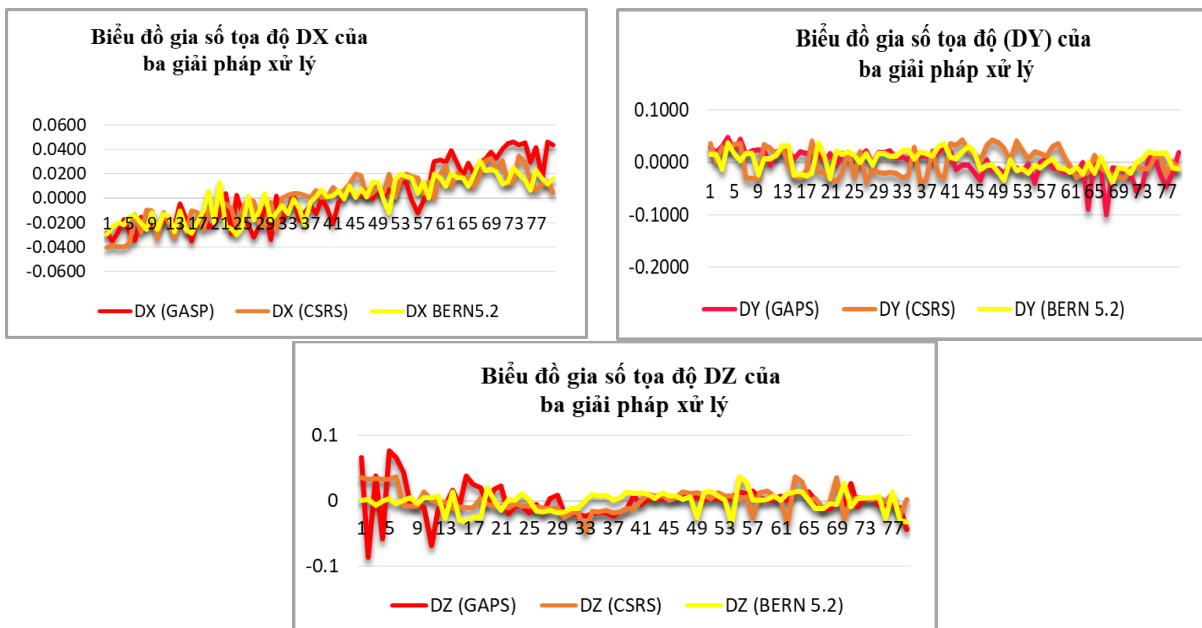
### 3. Dữ liệu và kết quả tính toán

Trong nghiên cứu này, dữ liệu của Hệ thống Vệ tinh Định vị Toàn cầu (GNSS) ở các thời điểm khác nhau thuộc trạm GNSS cố định LANG, đo liên tục, số liệu này kết hợp với các dữ liệu hỗ trợ khác như lịch vệ tinh chính xác, độ trễ tầng đối lưu... được xử lý bằng phần mềm Bernese 5.2 cụ thể là module PPP\_BAS[5]. Quy trình đánh giá dữ liệu GNSS được thực hiện trong các ca đo 24 giờ và kết quả được so sánh giữa các kết quả giải pháp trang Internet khác nhau. Tổng số hơn 80 ca đo đã được xử lý, bao gồm số liệu GNSS tại trạm LANG các ngày GPS từ 001-081 năm 2021 và 2022. Kết quả thu được từ nghiên cứu này là 3 loại tọa độ của ba giải pháp đã được chọn: (1) xử lý hậu kỳ từ phần mềm Bernese 5.2 và (2) các kết quả tọa độ từ các giải pháp định vị trực tuyến PPP-online service, các giá trị gia số tọa độ của ca đo 24h ứng với từng giải pháp (Hình 4) được so sánh với nhau.

Số liệu đo và số liệu hỗ trợ sau khi biên tập đầy đủ được đưa vào xử lý bằng phần mềm Bernese theo quy trình sau:



Hình 3: Quy trình xử lý số liệu bằng phần mềm Bernese 5.2.



Hình 4. Biểu đồ so sánh các giá số tọa độ (PPP) của từng giải pháp so với giá trị gần đúng.

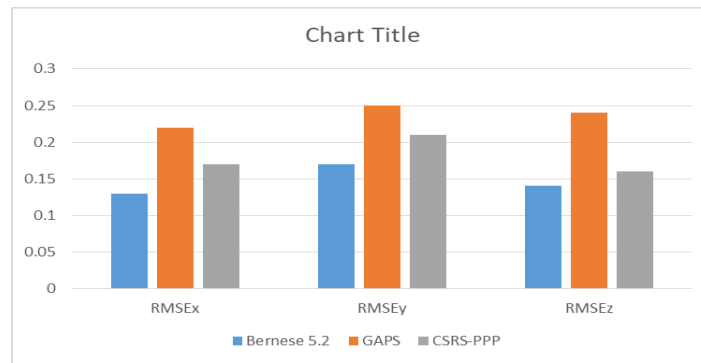
Giá trị thống kê của các kết quả thu được có thể được đánh giá bằng cách xem xét Sai số bình phương trung bình (RMSE) [3, 6]. Sai số trung phương trung bình (RMSE), còn được gọi là Độ lệch bình phương trung bình, là thước đo được sử dụng thường xuyên để đánh giá sự khác biệt giữa các giá trị được quan sát từ các phép đo lường khác nhau. RMSE được tính bằng công thức sau:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dx)^2}{n}}, RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dy)^2}{n}}, RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dz)^2}{n}} \quad (3)$$

Các giải pháp quan sát GPS 24 giờ của trạm LANG được đưa vào xử lý, các giá trị RMSE của các giải pháp tọa độ CSRS-PPP, GAPS và Bernese 5.2 khác biệt nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,005 m. Sau đây là bảng thống kê các giá trị sai số:

Bảng 3. Kết quả RMSE của ba giải pháp xử lý.

Các giải pháp	RMSE <sub>x</sub> (m)	RMSE <sub>y</sub> (m)	RMSE <sub>z</sub> (m)
Bernese 5.2	0.013	0.017	0.014
GAPS	0.022	0.025	0.024
CSRS-PPP	0.017	0.020	0.016



Hình 5: Biểu đồ thể hiện sai số RMSE cho từng giải pháp xử lý khác nhau.

Sau khi thu được kết quả tính RMSE của từng thành phần tọa độ trong hệ tọa độ không gian địa tâm, của các dịch vụ định vị dựa trên web, tọa độ thu được được so sánh với tọa độ thu được trong phần mềm khoa học Bernese 5.2.

Từ bảng kết quả thu được ta nhận thấy: giá trị tọa độ của giải pháp xử lý bằng phần mềm Bernese 5.2 có độ tin cậy cao bởi các sai số tính toán nhỏ hơn so với các giải pháp khác. Giá trị tọa độ từ giải pháp xử lý bằng dịch vụ GAPS lệch hơn nhiều so với hai giải pháp còn lại có thể nguyên nhân dịch vụ này chưa cập nhật và đưa vào tính toán các số liệu hỗ trợ như: loại lịch vệ tinh chính xác cuối cùng (Final), số liệu độ trễ tầng điện ly (.ion), số liệu tải trọng đại dương, tải trọng địa quyển, mô hình kiến tạo (.pld) và các số liệu hỗ trợ khác.

Theo kết quả thu được, dịch vụ CSRS-PPP cho kết quả tốt hơn phương pháp trực tuyến GAPS, sai số bình phương trung bình RMSE được tính toán lần lượt là ±1,7, ±0,2 và ±0,16 theo hướng X, Y và Z. So với giải pháp xử lý hậu kỳ Bernese 5.2, dịch vụ định vị trực tuyến PPP-CSRS không sai khác nhiều và kết hợp với các dữ liệu hỗ trợ khác giá trị RMSE này sẽ chắc chắn tiệm cận bằng nhau.

#### 4. Kết luận

Ngày nay, công nghệ PPP ngày càng trở nên quan trọng; kỹ thuật PPP khả thi trong quá trình đo đạc và đánh giá chỉ với một máy thu GNSS và việc cung cấp miễn phí các dịch vụ này cho người dùng trên Internet khiến các hệ thống này trở nên thuận lợi trong nhiều ứng dụng. Nhiều sản phẩm đầu ra có thể thu được mà không cần kiến thức chuyên môn về GNSS ngoài trình độ cơ bản. Khi sử dụng dịch vụ định vị trên nền web, việc lựa chọn các thông số giải pháp phù hợp với cấu trúc dữ liệu và phương pháp đo có thể mang lại độ chính xác tọa độ lên mức cao nhất. Với ứng dụng dành cho nghiên cứu khoa học chỉ ra rằng các dịch vụ đó không phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi yêu cầu cao, chẳng hạn như mô hình tầng điện ly và tầng đối lưu, nghiên cứu phân tích biến dạng, thông



số định hướng trái đất, v.v. Kết quả từ các dịch vụ định vị trên nền web cho thấy không có nhiều khác biệt giữa kết quả của phần mềm khoa học (Bernese, Garmit...) khi có đủ dữ liệu và thời gian quan trắc trong các phiên GNSS. Điều này khá rõ ràng trong các kết quả về độ chính xác được đưa ra trong Hình 5. Kết quả thu được từ các dịch vụ như vậy mang lại lợi ích lớn về thời gian và chi phí, đủ để cung cấp thông tin vị trí cho nhiều ứng dụng kỹ thuật.

#### **Lời cảm ơn**

Cảm ơn đề tài Đài trạm Viện Địa chất, đề tài cơ sở số 02-ĐTCS/2023: “So sánh độ chính xác định vị điểm đơn chính xác (PPP) xử lý bằng Bernese và theo dịch vụ định vị điểm đơn chính xác trực tuyến” đã hỗ trợ, cung cấp số liệu để nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

#### **Cam kết của các tác giả**

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Ghoddousi-Fard, R. and P. Dare, *Online GPS processing services: an initial study*. GPS Solutions, 2005. 10(1): p. 12-20.
- [2] El-Mowafy, A., *Analysis of Web-Based GNSS Post-Processing Services for Static and Kinematic Positioning Using Short Data Spans*. Survey Review, 2013. 43(323): p. 535-549.
- [3] Ocalan T, E.B., Tunalioglu N, *Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques*. Boletim de Ciencias Geodesicas, 2013: p. 191-207.
- [4] E, G. *A Comparison of Free GPS Online Post-Processing Services* GPS World 2013 [cited 2018 Apr].
- [5] Dach R, H.U., Fridez P, Meindl M, *Manual of bernese GPS Software Version 5.2*. 2015, University of Bern: Astronomical Institute.
- [6] Zumberge JF, H.M., Jefferson DC, Watkins MM, Webb FH, *Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks*. Journal of Geophysical Research, 1997. 102(B3): p. 5005-5017.
- [7] *Transformation Parameters from ITRF08 to ITRF2014* 2018