

# GIẢI PHÁP BÌNH SAI GIÁN TIẾP KÈM ĐIỀU KIỆN VỚI MÁY THU GNSS RTK KÉP TRONG ĐỊNH VỊ VÀ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS

Dương Thành Trung<sup>1</sup>, Đỗ Văn Dương<sup>2\*</sup>, Bùi Xuân Trung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

<sup>3</sup>Công ty Cổ phần Công nghệ hạ tầng cơ sở Aitogy

## Tóm tắt

Công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu (GNSS) ngày nay đã được áp dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng dân dụng và quân sự. Tuy vậy, với một số ứng dụng có yêu cầu định vị, thời gian thực có độ chính xác cao như máy thi công công trình, định vị hố khoan, bố trí điểm thiết kế ra thực địa,... thì công nghệ GNSS vẫn còn hạn chế do nhiều yếu tố tác động dẫn đến độ chính xác về mặt bằng và độ cao chưa ổn định. Để khắc phục vấn đề trên, nhóm tác giả đề xuất phương án bình sai gián tiếp kèm điều kiện với máy thu GNSS kép nhằm nâng cao độ chính xác trong định vị điểm. Trong phương pháp này, hai máy thu GNSS đặt cách nhau một khoảng cố định. Bộ xử lý trung tâm thu thập dữ liệu đồng thời từ hai máy thu và dữ liệu tại trạm cơ sở để tiến hành xử lý đo động thời gian thực (RTK). Các phép đo cạnh không gian (baseline) giữa các máy thu với trạm cơ sở và giữa hai máy thu với nhau tạo thành một tam giác không gian. Khoảng cách đã biết giữa máy thu cho phép lập nên một điều kiện ràng buộc. Tiến hành bình sai gián tiếp kèm điều kiện dựa trên nguyên lý số bình phương nhỏ nhất cho phép nâng cao độ chính xác vị trí, đồng thời có thể kiểm soát được sai số đo đạc, đặc biệt là các sai số thô thường gặp trong GNSS RTK. Kết quả thực nghiệm thấy rằng giải pháp đề xuất có thể cải thiện độ chính xác đáng kể so với giải pháp GNSS RTK thông thường và ổn định ở mức dưới 3 cm.

**Từ khóa:** GNSS RTK kép; Bình sai gián tiếp kèm điều kiện; Định vị; Dẫn đường.

## Abstract

### ***Conditional indirect correction solution with dual GNSS RTK receivers in vehicle positioning and navigation using global satellite navigation technology***

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) technology is widely used in various civilian and military applications. However, for some applications requiring high-precision positioning and real-time navigation, such as construction machinery, deep-sea vessel navigation, or uncrewed aerial vehicles for surveying and mapping tasks, GNSS technology still faces limitations due to various factors affecting accuracy in terms of horizontal positioning and unstable altitude at a certain level as required. To address this issue, we propose a solution involving dual-frequency GNSS receivers with differential corrections to enhance the accuracy of positioning points. In this method, each navigation device is equipped with 2 GNSS receivers with antennas placed at a fixed distance apart. The central processing unit simultaneously collects data from 2 receivers and data from the reference station to perform real-time kinematic

## Nghiên cứu

*(RTK) processing. The spatial baseline measurements between the receivers and the reference station and between the receivers themselves form a spatial triangle. The known distance between the antennas allows for establishing a constraint condition. Indirect error minimization based on the least squares principle is then applied to improve the position accuracy while controlling measurement errors, widespread errors encountered in GNSS RTK. Experimental results demonstrate that the proposed solution can significantly improve accuracy compared to conventional GNSS RTK solutions and maintain stability below 3 cm.*

**Keywords:** Dual GNSS RTK; Indirect correction with conditions; Positioning; Navigation.

**\*Tác giả liên hệ, Email:** dvduong@hunre.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.578>

### 1. Giới thiệu

Ngày nay công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu (GNSS) được sử dụng rộng rãi trong công tác trắc địa bản đồ, từ công tác thành lập lưới khống chế cho đến đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính [4, 6, 10]. Phương pháp đo tương đối động thời gian thực (RTK) với độ chính xác cỡ cm và cung cấp lời giải GNSS ở thời gian thực được áp dụng một cách phổ biến trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết [7]. Tuy vậy RTK vẫn có những hạn chế nhất định như hạn chế về khoảng cách truyền tín hiệu liên tục từ trạm tham chiếu (trạm Base) đến trạm đo đạc (Rover). Để nâng cao độ chính xác của công nghệ GNSS RTK, đã nhiều những nghiên cứu, chủ yếu là ở ngoài nước.

Ce Jing và cộng sự [9] giới thiệu một giải pháp tích hợp giữa GNSS và gia tốc kế với phép lọc Kalman và mô hình nhiễu thích nghi. Kết luận của bài báo chỉ ra rằng phép lọc Kalman cải thiện đáng kể trong xử lý nhiễu, đặc biệt là trong những môi trường chuyển động phức tạp. Gia tốc kế được sử dụng nhằm phát hiện những sai số thô trong trị đo GNSS. Hạn chế của giải pháp này là giá cả của hệ thống khá

cao, đặc biệt là cần những gia tốc kế đủ nhạy để phát hiện những trị đo GNSS bất thường.

Các nghiên cứu của Chenyu Xue và các tác giả [3], Nhut-Thanh Tran và các tác giả [8] đã đề xuất và phân tích độ chính xác của giải pháp cạnh ngắn với các máy thu GNSS RTK. Trong các nghiên cứu này, mức độ nhiễu và độ chính xác của các cảm biến giá thấp được đánh giá khi so sánh số liệu của các máy thu GNSS chuyên dụng trong các điều kiện môi trường khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng giải pháp cạnh ngắn có thể cải thiện đáng kể độ chính xác của GNSS RTK giá thấp, điều này đưa ra hướng ứng dụng cho mục đích quan trắc chuyển dịch công trình hoặc trượt lở với một mạng lưới các máy thu GNSS mật độ cao.

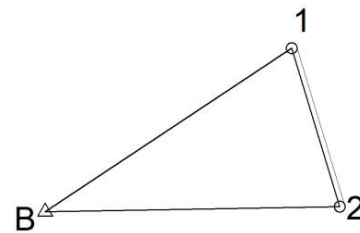
Trong một hoặc hai thập kỷ qua, nhiều chính phủ và các tổ chức đã xây dựng các mạng lưới tham chiếu định vị liên tục (CORS) ở cấp độ quốc gia hoặc liên lục địa cho nhiều mục đích như trắc địa, địa vật lý, dẫn đường, nông nghiệp chính xác cao, hàng không, hàng hải,... Đức đã xây dựng 270 trạm CORS với

khoảng cách trung bình 40 km, Thụy sĩ có 31 trạm với khoảng cách trung bình 35 - 50 km, Hàn Quốc có 60 trạm với khoảng cách trung bình 40 km và Indonesia có hơn 230 trạm cho công tác đo đạc [5]. Ở Việt Nam, mạng lưới trạm tham chiếu định vị quốc gia có 65 trạm với 24 trạm tiêu chuẩn trắc địa cấp cao. Khoảng cách trung bình giữa các trạm từ 50 đến 200 km [8]. So với thế giới, mật độ các trạm CORS ở Việt Nam còn khá thưa, điều này làm suy giảm độ chính xác và tính liên tục của các phép đo GNSS. Do vậy, nâng cao độ chính xác của giải pháp GNSS RTK là cần thiết. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất giải pháp tạo ra các trị đo thừa trong phép đo GNSS RTK và các điều kiện ràng buộc trong một số ứng dụng định vị điểm. Trong thực tế, các chipset hay máy thu GNSS RTK Rover nhận dữ liệu cải chính RTCM từ trạm Base (CORS) rồi cho ra lời giải tọa độ và như vậy sẽ không có trị đo thừa khi đo động. Để có trị đo thừa trong phép đo, cài đặt máy thu để vừa xử lý RTK, vừa cho ra dữ liệu thô. Một module xử lý định vị tương đối động được thiết kế để tính toán cạnh cơ sở giữa hai máy thu Rover. Khoảng cách đặt giữa hai máy thu được coi như cố định và được xác định một cách chính xác khi lắp đặt sẽ là điều kiện ràng buộc để xử lý số liệu theo phương pháp bình sai gián tiếp kèm điều kiện.

## 2. Phương pháp đề xuất

Trong phương pháp này, mỗi thiết bị được trang bị 2 máy thu GNSS với 2 ăng ten đặt cách nhau một khoảng cố định 1 và 2. Bộ xử lý trung tâm thu thập dữ liệu đồng thời từ 2 máy thu và dữ liệu tại trạm

cơ sở để tiến hành xử lý đo động thời gian thực (RTK). Các phép đo cạnh không gian (baseline) giữa các máy thu với trạm cơ sở B và giữa hai máy thu với nhau tạo thành một tam giác không gian (Hình 1). Khoảng cách đã biết giữa 2 ăng ten cho phép lập nên một điều kiện ràng buộc. Tiến hành bình sai gián tiếp kèm điều kiện dựa trên nguyên lý số bình phương nhỏ nhất cho phép nâng cao độ chính xác vị trí, đồng thời có thể kiểm soát được sai số đo đạc, đặc biệt là các sai số thô thường gặp trong GNSS RTK.



**Hình 1: Sơ đồ minh họa phương pháp**

Trong sơ đồ hình tam giác không gian với các cạnh Baseline B-1, B-2 và 1-2 chúng ta lập được các phương trình có dạng sau:

$$\Delta'X_{12} = -X'_1 + X'_2 \quad (1a)$$

$$\Delta'Y_{12} = -Y'_1 + Y'_2 \quad (1b)$$

$$\Delta'Z_{12} = -Z'_1 + Z'_2 \quad (1c)$$

$$\Delta'X_{B1} = X'_1 - X_B \quad (1d)$$

$$\Delta'Y_{B1} = Y'_1 + Y_B \quad (1e)$$

$$\Delta'Z_{B1} = Z'_1 + Z_B \quad (1f)$$

$$\Delta'X_{B2} = X'_2 - X_B \quad (1g)$$

$$\Delta'Y_{B2} = Y'_2 + Y_B \quad (1h)$$

$$\Delta'Z_{B2} = Z'_2 + Z_B \quad (1m)$$

Phương trình số hiệu chỉnh:

$$v\Delta X_{12} = -\delta X_1 + \delta X_2 + L1 \quad (2a)$$

$$v\Delta Y_{12} = -\delta Y_1 + \delta Y_2 + L1 \quad (2b)$$

$$v\Delta Z_{12} = -\delta Z_1 + \delta Z_2 + L3 \quad (2c)$$

$$v\Delta X_{B1} = \delta X_1 + L4 \quad (2d)$$

$$v\Delta Y_{B1} = \delta Y_1 + L5 \quad (2e)$$

$$v\Delta Z_{B1} = \delta Z_1 + L6 \quad (2f)$$

$$v\Delta X_{B2} = \delta X_2 + L7 \quad (2g)$$

$$v\Delta Y_{B2} = \delta Y_2 + L8 \quad (2h)$$

$$v\Delta Z_{B2} = \delta Z_2 + L9 \quad (2m)$$

## Nghiên cứu

Phương trình điều kiện ràng buộc với cạnh cố định:

$$\sqrt{(X'_2 - X'_1)^2 + (Y'_2 - Y'_1)^2 + (Z'_2 - Z'_1)^2} - \bar{S}_{12} = 0 \quad (3)$$

Tuyến tính hóa bằng khai triển Taylor, nhận được phương trình điều kiện số hiệu chỉnh

$$-\frac{\Delta X_{12}^0}{S_{12}^0} \delta X_1 + \frac{\Delta X_{12}^0}{S_{12}^0} \delta X_2 - \frac{\Delta Y_{12}^0}{S_{12}^0} \delta Y_1 + \frac{\Delta Y_{12}^0}{S_{12}^0} \delta Y_2 - \frac{\Delta Z_{12}^0}{S_{12}^0} \delta Z_1 + \frac{\Delta Z_{12}^0}{S_{12}^0} \delta Z_2 + w = 0 \quad (4)$$

trong đó  $X_i^0$  và  $X'_i$  là ký hiệu giá trị gần đúng và trị bình sai của đại lượng

Như vậy chúng ta có hệ phương trình các số hiệu chỉnh kèm điều kiện

$$\begin{cases} V = A\Delta X + L \\ B\Delta X + W = 0 \end{cases} \quad (5)$$

trong đó  $V = (v\Delta X_{12} \ v\Delta Y_{12} \ v\Delta Z_{12} \ v\Delta X_{B1} \ v\Delta Y_{B1} \ v\Delta Z_{B1} \ v\Delta X_{B2} \ v\Delta Y_{B2} \ v\Delta Z_{B2})^T$

$L = (L1 \ L2 \ L3 \ L4 \ L5 \ L6 \ L7 \ L8 \ L9)^T$  là véc tơ số hạng tự do.

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & B^T \\ B & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} b \\ w \end{pmatrix} \quad (7)$$

Từ đó, trị bình sai và các số hiệu chỉnh được xác định

$$X'_i = X_i^0 + \Delta X \quad (8)$$

$$V = A\Delta X + L \quad (9)$$

### 3. Thực nghiệm và kết quả

Công tác thực nghiệm bao gồm thiết kế thiết bị đo đạc, phần mềm, công tác thu thập dữ liệu và phân tích, đánh giá kết quả.

#### 3.1. Thiết bị đo đạc thực nghiệm và module phần mềm xử lý số liệu

Thiết bị đo đạc để thử nghiệm bao gồm 2 máy thu GNSS: GNSS RTK E290 do Aitogy, Việt Nam sản xuất [2]. Các thông số kỹ thuật của máy được trình bày ở Bảng 1. Phần mềm xử lý số liệu được viết trên ngôn ngữ C# dựa trên những thuật toán đã đề xuất trong bài báo bởi nhóm nghiên cứu. Sơ đồ khối xử lý số liệu GNSS tương đối động như Hình 2. Giao diện phần mềm thử nghiệm trong Hình 3.

$$B = \begin{pmatrix} \Delta X_{12}^0 & \Delta Y_{12}^0 & \Delta Z_{12}^0 & \Delta X_{12}^0 & \Delta Y_{12}^0 & \Delta Z_{12}^0 \\ -\frac{\Delta X_{12}^0}{S_{12}^0} & -\frac{\Delta Y_{12}^0}{S_{12}^0} & -\frac{\Delta Z_{12}^0}{S_{12}^0} & \frac{\Delta X_{12}^0}{S_{12}^0} & \frac{\Delta Y_{12}^0}{S_{12}^0} & \frac{\Delta Z_{12}^0}{S_{12}^0} \end{pmatrix}$$

$$w = \sqrt{(X^{0_2} - X^{0_1})^2 + (Y^{0_2} - Y^{0_1})^2 + (Z^{0_2} - Z^{0_1})^2} - \bar{S}_{12}$$

Để giải hệ (5) theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, chúng ta lập hệ phương trình chuẩn với số liên hệ [1]

$$\begin{cases} R\Delta X + B^T K + b = 0 \\ B\Delta X + W = 0 \end{cases} \quad (6a)$$

$$\begin{pmatrix} R & B^T \\ B & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta X \\ K \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b \\ w \end{pmatrix} = 0 \quad (6b)$$

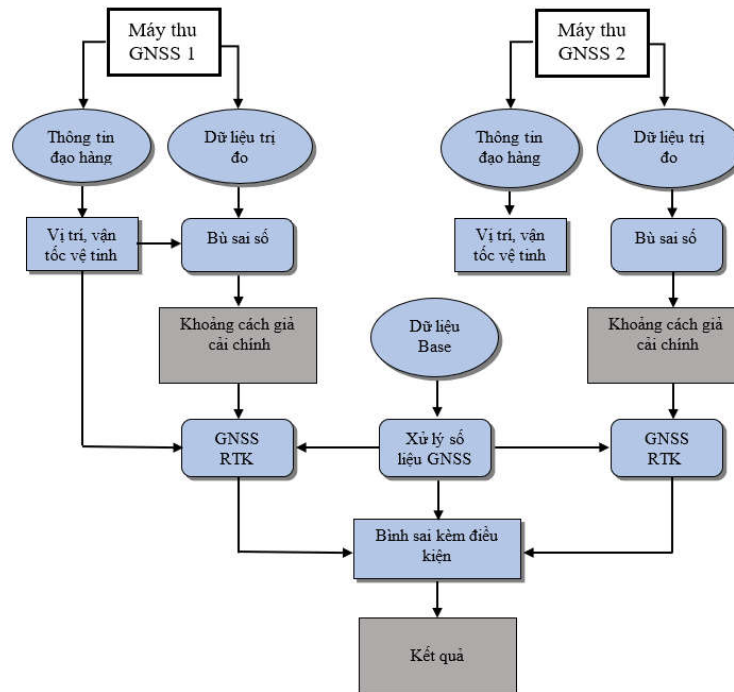
trong đó:  $R = A^T P A$ ;  $b = A^T P L$

P là ma trận trọng số, là ma trận hiệp phương sai được xác định trong quá trình tính cạnh Baseline.

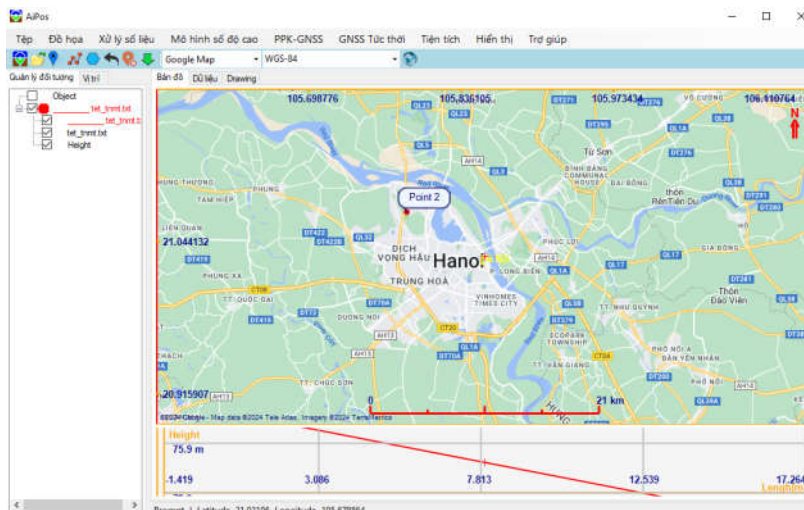
Giải hệ phương trình chuẩn số liên hệ, thu được nghiệm

**Bảng 1. Thông số thiết bị thử nghiệm**

Các kênh thu vệ tinh	GPS (L1C/A, L2C) GALLIEO (E1-B/C, E5b) GLONASS (L1OF, L2OF) BEIDOU (B1, B2) QZSS
Tần số đầu ra tối đa	10 Hz
Độ chính xác đo RTK	Mặt bằng: 8 mm + 1ppm, Độ cao: 1,5 cm + 1 ppm
Độ chính xác đo tĩnh	Mặt bằng: 3 mm + 0,5 ppm Độ cao: 5 mm + 0,5 ppm



**Hình 2: Sơ đồ khối phân mềm bình sai gián tiếp kèm điều kiện**



**Hình 3: Giao diện phần mềm xử lý số liệu GNSS**

## Nghiên cứu

### 3.2. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác của phương pháp đề xuất

Trong thực nghiệm này, 2 máy thu được đặt tại 2 điểm cố định cách nhau

15,83 (m). Tọa độ chuẩn của hai điểm đặt máy được xác định chính xác bằng máy toàn đạc điện tử, đo nối với điểm tọa độ hạng cao nhà nước để đảm bảo độ chính xác vị trí dưới 3 mm (Hình 4).



**Hình 4: Sơ đồ vị trí khu vực thực nghiệm**

Trong phương án thứ nhất (RTK), hai máy thu GNSS được kết nối với trạm CORS của mạng lưới trạm tham chiếu định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET) để tiến hành đo RTK một cách độc lập. Ở phương án thứ hai (ADJ), hai máy thu được kết nối với phần mềm Aipos để tiến hành xử lý bình sai gián tiếp kèm điều kiện như thuật toán đã đề xuất. Kết quả về tọa độ của hai phương án được so sánh với tọa độ chuẩn để đánh giá độ chính xác với các tiêu chí độ lệch chuẩn (std) và sai số lớn nhất (max

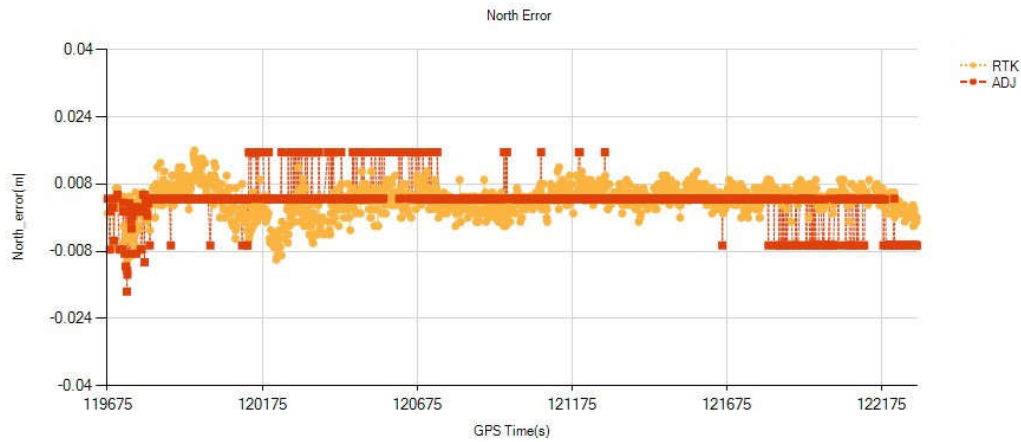
Error) đối với ba chiều hướng Bắc (N), hướng Đông (E) và cao độ (H).

Số liệu thực nghiệm được thu trong vòng 30 phút, tần số đầu ra 1Hz với tổng số trị đo 1800 trị đo. Tọa độ của hai điểm trong hệ tọa độ VN2000 được trích xuất như trong Bảng 2. Số liệu so sánh về các thành phần tọa độ của điểm 1 được thể hiện trong đồ thị ở Hình 5. Các tham số đánh giá độ chính xác của hai phương án được trình bày ở Bảng 3 và 4 đối với điểm 1 và 2.

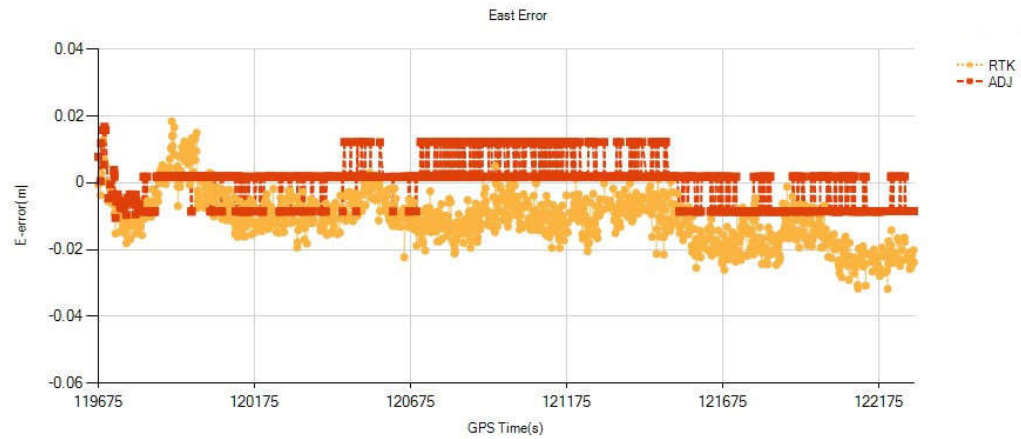
**Bảng 2. Trích xuất tọa độ các điểm thực nghiệm**

GPS time	N1(m)	E1(m)	H1(m)	N2(m)	E2(m)	H2(m)
260306	2330785.038	581539.3	104.041	2330786.244	581555.08	99.771
260307	2330785.038	581539.3	104.04	2330786.249	581555.081	99.772
260308	2330785.038	581539.3	104.04	2330786.248	581555.081	99.776
260309	2330785.038	581539.3	104.033	2330786.244	581555.081	99.774
260309	2330785.038	581539.3	104.033	2330786.243	581555.081	99.768
260311	2330785.037	581539.3	104.034	2330786.243	581555.08	99.766
260312	2330785.037	581539.3	104.034	2330786.24	581555.083	99.755
260313	2330785.038	581539.3	104.032	2330786.239	581555.081	99.747
260314	2330785.039	581539.3	104.028	2330786.239	581555.081	99.756
260315	2330785.039	581539.3	104.023	2330786.238	581555.079	99.747

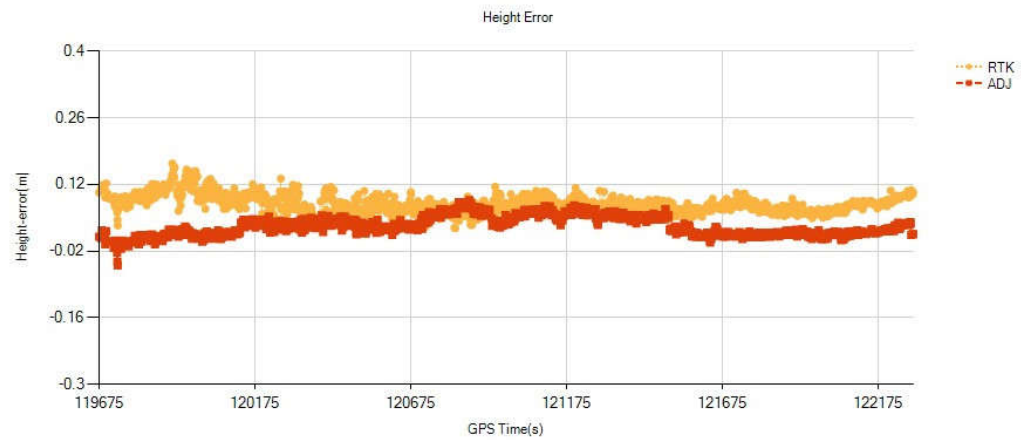
GPS time	N1(m)	E1(m)	H1(m)	N2(m)	E2(m)	H2(m)
260316	2330785.039	581539.3	104.023	2330786.234	581555.082	99.736
260317	2330785.036	581539.3	104.026	2330786.234	581555.082	99.736
260318	2330785.036	581539.3	104.026	2330786.23	581555.087	99.757
260318	2330785.036	581539.3	104.026	2330786.229	581555.09	99.755



***Hình 5a: Biểu đồ sai số vị trí theo hướng Bắc***



***Hình 5b: Biểu đồ sai số vị trí theo hướng Đông***



***Hình 5c: Biểu đồ sai số độ cao***

**Bảng 3. Tham số độ chính xác của điểm 1**

Phương pháp	Nstd(m)	Estd(m)	Hstd(m)	Nmax error(m)	Emax error(m)	Hmax error(m)
RTK	0,0055	0,013	0,081	0,016	0,0318	0,1638
ADJ	0,0046	0,0045	0,0261	0,0176	0,0168	0,0868
Mức cải thiện (%)	16	65	68	-10	47	47

**Bảng 4. Tham số độ chính xác của điểm 2**

Phương pháp	Nstd(m)	Estd(m)	Hstd(m)	Nmax error(m)	Emax error(m)	Hmax error(m)
RTK	0,0057	0,0048	0,0196	0,0250	0,0250	0,1595
ADJ	0,0046	0,0034	0,0098	0,0120	0,0088	0,0274
Mức cải thiện (%)	19	29	50	52	65	83

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng giải pháp bình sai gián tiếp kèm điều kiện giúp cải thiện độ chính xác trong phép đo GNSS RTK, ở cả các chỉ tiêu về độ lệch chuẩn và sai số lớn nhất. Điều này chỉ ra rằng một trong những ưu điểm của phương pháp bình sai với trị đo thừa là không những giúp nâng cao độ chính xác mà còn có thể phát hiện và loại bỏ những sai số thô trong dãy trị đo.

#### **4. Kết luận**

Nghiên cứu này đã đề xuất giải pháp bình sai gián tiếp kèm điều kiện giúp nâng cao độ chính xác trong phép đo GNSS RTK trong các ứng dụng định vị, quan trắc tự động.

Thực nghiệm trong nghiên cứu cho thấy rằng giải pháp đề xuất trong nghiên cứu giúp cải thiện độ chính xác về sai số trung phương cũng như sai số tối đa so với phương pháp đo RTK thông thường với mức từ 10 đến 80 %.

Nghiên cứu này cũng cho phép mở ra hướng nghiên cứu tích hợp thêm các cảm biến và các điều kiện ràng buộc nhằm nâng cao độ chính xác của phương pháp định vị, dẫn đường bằng GNSS RTK, đặc biệt là trong các điều kiện môi trường khó khăn và với yêu tố độ cao.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Hoàng Ngọc Hà (2020). *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS/GNSS*. Nxb. Khoa học kỹ thuật.
- [2]. Dương Thành Trung, Đỗ Văn Dương, Nguyễn Gia Trọng, Lê Phú Hiến (2017). *Hệ thống dẫn đường tích hợp INS/GNSS và các ứng dụng*. Nxb. Tài nguyên-Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- [3]. Xue C., Psimoulis P., Zhang Q., Meng X., (2021). *Analysis of the performance of closely spaced low-cost multi-GNSS receivers*. Applied Geomatics 13, 1 - 21.
- [4]. Gebre Egziabher D, Gleason S (2009). *GNSS Applications and Methods*. Artech.
- [5]. Aponte J., Meng X., Burbidge M (2008). *Performance Assessment of a GPS Network RTK Service*. Integrating Generations - FIG Working Week. Stockholm. Sweden.
- [6]. Alkan R., İlçi V. Ozulu I.M., Tombus E., Sahin M., (2015). *Usability of GNSS Technique for Cadastral Surveying*. WCS-CE - The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition, Istanbul, Turkey, 20 - 25 April 2015.
- [7]. Takasu, A T., & Yasuda (2008). *Evaluation of RTK-GPS performance with low-cost single-frequency GPS receivers*. Proceedings of international symposium on GPS/GNSS, pp. 852-861.
- [8]. Nhut-Thanh Tran, Huynh-Nhu-Y Nguyen, Vo-Quang-Thai Le, Chanh-Nghiem



- Nguyen, Chi-Ngon Nguyen (2023). *A Combination of Low-cost, Dual-frequency, Multi-GNSS Receiver and CORS Network for Precise Positioning Applications in Vietnam*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 1170 (2023) 012012.
- [9]. Jing C., Huang G., Li X., Zhang Q., Yang H., Zhang K., Liu G (2023). *GNSS/accelerometer integrated deformation monitoring algorithm based on sensors adaptive noise modeling*. Measurement 218, 113179.
- [10]. Wolf, Paul R. (2002). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Upper Saddle River, NJ :Prentice Hall.
- BBT nhận bài: 14/3/2024; Phản biện xong: 25/3/2024; Chấp nhận đăng: 28/6/2024