



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Giải pháp định vị GPS tương đối động xử lý sau với nhiều trạm cơ sở trong công tác thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn

Dương Thành Trung ¹, Hoàng Thị Thủy ^{1,*}, Võ Minh Tuấn ²

¹ Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Phòng kế hoạch kỹ thuật, Tổng công ty tài nguyên và môi trường, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 10/01/2019
Chấp nhận 20/02/2019
Đăng online 29/04/2019

Từ khóa:

Hệ thống định vị toàn cầu (GPS)
RTK (Đo động thời gian thực)
PPK (Đo động xử lý sau)

Nội dung bài báo đề cập đến công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu (GPS) ứng dụng trong công tác xây dựng lưới tọa độ và đo chi tiết thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn. Bài báo đã phân tích những ưu nhược điểm của phương pháp đo tương đối động thời gian thực (RTK) và phương pháp đo động xử lý sau (PPK) nhằm phát huy những ưu điểm và khắc phục những nhược điểm đối với từng phương pháp. Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng đề xuất giải pháp đo và xử lý số liệu đo PPK/GPS với nhiều trạm cơ sở nhằm phục vụ công tác trắc địa, bản đồ. Kết quả đo đạc và phân tích thực nghiệm cho thấy độ chính xác vị trí điểm đo của phương pháp sử dụng nhiều trạm cơ sở có thể cải thiện 25÷50% so với phương pháp sử dụng trạm cơ sở đơn. Trên cơ sở thuật toán, phần mềm xử lý số liệu chặt chẽ và các kết quả thực nghiệm có thể kết luận rằng phương pháp đề xuất là hợp lý và đủ độ tin cậy để phục vụ công tác thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Ngày nay công nghệ định vị toàn cầu (GPS) 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 (Đỗ Ngọc Đường và Đặng Nam Chinh, 2009; Seeber, 2003). Phương pháp đo tương đối động thời gian thực (RTK) với độ chính xác cỡ cm và cung cấp lời giải GPS ở thời gian thực được áp dụng một cách phổ biến trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết (Takasu và Yasuda, 2008). Tuy vậy, RTK vẫn có

những hạn chế nhất định như hạn chế về khoảng cách truyền tín hiệu liên tục từ trạm cơ sở (trạm Base) đến trạm đo đạc (Rover). Trong khi đó, phương pháp đo động xử lý sau (PPK) có thể khắc phục vấn đề trên của phương pháp RTK. Tuy nhiên, phương pháp PPK cũng có hạn chế là không kiểm soát được độ chính xác xác định vị trí tại thời điểm đo đạc và độ chính xác suy giảm khi tăng dần khoảng cách từ Base đến Rover (Parkinson và Spikker, 1996). Để nâng cao độ chính xác đo đạc bằng phương pháp PPK, một số phương pháp đã được đề xuất như sử dụng máy thu 2 tần để hạn chế sai số do tầng ion hoặc sử dụng các loại ăng ten đặc biệt để chống nhiễu đa đường dẫn (Sunil và nnk, 2004). Tuy vậy, các giải pháp trên thường làm tăng giá thành của máy thu GPS. Trong những

*Tác giả liên hệ

E - mail: duongthanhtrung@humg.edu.vn

năm gần đây, phương pháp trạm tham chiếu ảo (VRS) đã được đề xuất và áp dụng nhằm nâng cao độ chính xác và khoảng cách từ trạm cơ sở đến trạm đo đặc trong đo RTK. Trong phương pháp này, các trạm tham chiếu thường trực (CORS) được kết nối với nhau tạo thành một mạng lưới, một phần mềm tại máy chủ đồng thời thu nhận dữ liệu từ các trạm CORS thực để tính toán, tạo ra một trạm tham chiếu ảo gần với trạm đo đặc nhất nhằm khắc phục sự suy giảm độ chính xác và thời gian giải số nguyên đa trị do ảnh hưởng của khoảng cách từ trạm cơ sở đến trạm đo đặc. Ưu điểm của VRS đã được chứng minh qua các nghiên cứu và thử nghiệm thực tế (Vollath và nnk., 2000). Tuy vậy, một hệ thống phần mềm chuyên dụng, một hệ thống trạm CORS thống nhất và các loại máy thu có khả năng kết nối, hỗ trợ VRS là những yếu tố cần có để có thể vận hành và ứng dụng VRS (Talbot et al., 2002). Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất phương pháp đo và xử lý số liệu đo PPK với nhiều trạm Base, trong đó, cơ sở toán học của phương pháp định vị tương đối động được giới thiệu. Phương pháp định vị tương đối động với đa trạm Base được đề xuất. Một phần mềm được lập dựa trên các thuật toán đã đề xuất phục vụ cho công tác thực nghiệm. Những kết quả và phân tích từ thực nghiệm được trình bày để từ đó đưa ra những kết luận và kiến nghị.

2. Cơ sở toán học của phương pháp định vị tương đối động

Trong định vị tương đối động, một máy thu đặt cố định tại điểm đã biết tọa độ trong khi điểm còn lại di chuyển đến các điểm cần xác định tọa độ. Đặc điểm của phương pháp đo này là đôi khi máy động chỉ có trị đo trong một thời điểm tại điểm cần xác định.

Để giải bài toán định vị tương đối động, chúng ta dùng phương pháp giải bài toán định vị tương đối động sử dụng kết hợp trị đo mã và trị đo pha (Dương Thành Trung và nnk., 2017).

Phương trình sai phân bậc 2 giữa máy thu u và máy thu r và giữa vệ tinh l và vệ tinh k của các trị đo pha được viết như sau:

$$\lambda\phi_{ru}^{kl} = -(l_r^k - l_r^l)x_{ru} + \lambda N_{ru}^{kl} + \varepsilon_\phi \quad (1)$$

Trong đó: λ - chiều dài bước sóng của sóng mang; x_{ru} - véc tơ Baseline giữa máy thu r và u ; N - số nguyên lần bước sóng từ máy thu đến vệ tinh, ε_ϕ - nhiễu trị đo pha.

Tương tự, phương trình sai phân bậc 2 của các trị đo mã được viết như sau:

$$\rho_{ru}^{kl} = -(l_r^k - l_r^l)x_{ru} + \varepsilon_\rho \quad (2)$$

Trong đó: ρ - khoảng cách giả, tính từ trị đo mã, ε_ρ - nhiễu trị đo mã.

Phương trình sai phân bậc hai của một thời điểm bất kỳ được viết như sau:

$$\begin{bmatrix} L_{ru}^{kl} \\ \rho_{ru}^{kl} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & \lambda I_{m \times m} \\ (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ru} \\ N_{ru}^{kl} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_\phi \\ \varepsilon_\rho \end{bmatrix} \quad (3)$$

Với $L_{ru}^{kl} = \lambda f_{ru}^{kl}$, $m = n - l$; n - số vệ tinh quan sát được trong thời điểm xét.

Trong tính toán thực nghiệm, khi không có hiện tượng trượt chu kỳ, có thể sử dụng phép lọc Kalman để giải (3). Trong trường hợp như vậy, mô hình trạng thái được biểu diễn như sau:

$$x_k = Fx_{k-1} + Bu + w \quad (4)$$

Và mô hình trị đo tương ứng là:

$$z_k = Hx_k + n \quad (5)$$

Trong đó:

$$x_k = (x_{ru} \ N_{ru}^{kl})_{m+3}^T; F = \begin{bmatrix} 0_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & I_{m \times m} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B = \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & I_{m \times m} \end{bmatrix}; U = [\check{x}'_{ru(k)} \ 0_{m \times 1}]^T \quad (7)$$

$$z_k = \begin{bmatrix} L_{ru}^{kl} \\ \rho_{ru}^{kl} \end{bmatrix}; H = \begin{bmatrix} (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & \lambda I_{m \times m} \\ (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Với $\check{x}_{ru(k)}$ - véc tơ cạnh ước tính được theo phương trình (2). Dựa vào mô hình như trên, lời giải nghiệm thực của (3) sẽ được ước tính như sau:

Xác định tiên nghiệm:

$$\hat{x}_k^{-l} = F\hat{x}_{k-1} + Bu \quad (9)$$

$$P_k^{-1} = FP_{k-1}F^T + Q \quad (10)$$

Trong đó:

$$Q = E\{WW^T\} = \begin{bmatrix} \delta r^2 I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & 0_{m \times m} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$\delta r = r - \hat{r}$ - hiệu giữa lời giải cố định và lời giải thực của bước tính trước đó.

Cập nhật nghiệm:

$$\hat{x} = \hat{x}_k^- + K(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (12)$$

$$P_k = (I - KH)P_k^- \quad (13)$$

Trong đó:

$$K = P_{k-1} H^T S^{-1} \quad (14)$$

$$S = H P_{k-1} H^T + R \quad (15)$$

$$R = E\{nn^T\} = \begin{bmatrix} \sigma_\phi^2 I_{m \times m} & 0 \\ 0 & \delta r^2 I_{m \times m} \end{bmatrix} \quad (16)$$

δr - sai số của trị đo pha.

3. Định vị tương đối động với nhiều trạm cơ sở

Trong thực tế đo tương đối động, đặc biệt là sử dụng mạng lưới trạm tham chiếu liên tục (CORS) chúng ta có thể cùng lúc sử dụng số liệu từ nhiều trạm Base để tính toán lời giải tại điểm đo (Rover). Trong trường hợp này, có các phương pháp xử lý như sau:

3.1. Chọn trạm Base gần nhất

Đây là cách đơn giản nhất có thể được áp dụng. Dựa trên nguyên lý sai số trong đo GPS:

$$M_p = a + b.S \text{ ppm} \quad (17)$$

Trong đó: M_p - sai số xác định điểm đo; a - sai số cố định; b - sai số phụ thuộc vào khoảng cách. S - khoảng cách Base - Rover. Như vậy, khi khoảng cách Base - Rover càng nhỏ thì sai số đo càng nhỏ và ngược lại. Từ đặc điểm này, chọn Base gần Rover nhất sẽ cho ta lời giải định vị tốt nhất.

3.2. Tính trung bình trọng số từ các trạm Base

Với cùng một số liệu Rover, với mỗi trạm Base có thể cho ra một lời giải định vị độc lập với sai số trung phương tương ứng. Với n trạm Base, chúng ta có n lời giải định vị, lấy trung bình trọng số n lời giải chúng ta sẽ thu được lời giải định vị tốt nhất.

Giả sử x_1 là véc tơ vị trí tính từ Base 1 với véc tơ phương sai P_1 ; Giả sử x_2 là véc tơ vị trí tính từ Base 2 với véc tơ phương sai P_2 ; Giả sử x_n là véc tơ vị trí tính từ Base n với véc tơ phương sai P_n

Chúng ta có lời giải đa trạm Base như sau:

$$\hat{x}_R = P_R (P_1^{-1} \hat{x}_1 + P_2^{-1} \hat{x}_2 + \dots + P_n^{-1} \hat{x}_n) \quad (18)$$

$$P_R = (P_1^{-1} + P_2^{-1} + \dots + P_n^{-1})^{-1} \quad (19)$$

$$P_i = \begin{bmatrix} m_{Ni}^2 & 0 & 0 \\ 0 & m_{Ei}^2 & 0 \\ 0 & 0 & m_{Hi}^2 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Với m_{Ni}^2 ; m_{Ei}^2 ; m_{Hi}^2 - sai số trung phương

vị trí điểm theo các hướng Bắc, Đông và độ cao, được tính toán trong lời giải GPS bằng phần mềm chuyên dụng.

4. Kết quả thực nghiệm

Công tác thực nghiệm được tiến hành tại khu vực thuộc hai quận Bắc Từ Liêm và Đông Anh, Thành phố Hà Nội. Việc thực nghiệm được tiến hành các hạng mục: đo kiểm tra độ chính xác PPK tại các mốc chuẩn và phân tích độ chính xác của phương pháp đo PPK so với RTK. Trong thực nghiệm này, phương pháp tính trung bình trọng số từ các trạm Base được áp dụng trong trường hợp đo đa trạm Base.

4.1. 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 GPS: Aitogy Ainav - RTK và Trimble R7 GNSS. AiNav - RTK là một dòng máy thu GPS RTK được phát triển bởi công ty Aitogy, JSC dựa trên Chipset của hãng U-blox, Thụy Sĩ (Hình 1). Module 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 GPS tương đối động như Hình 2. Giao diện phần mềm được thể hiện ở Hình 3.

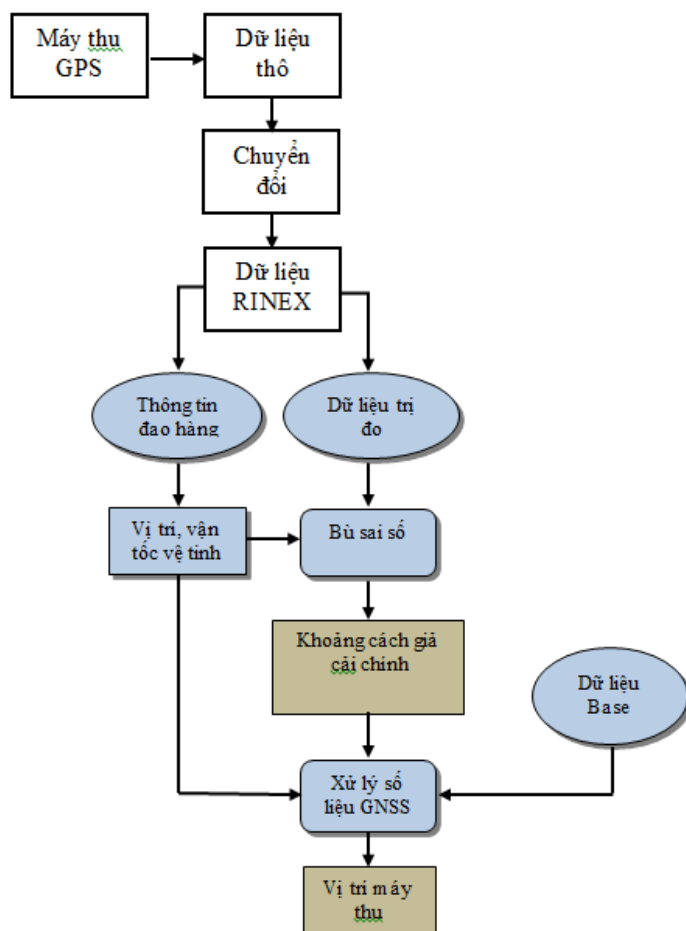
4.2. Đo kiểm tra độ chính xác PPK tại các mốc chuẩn

Để tiến hành thực nghiệm, đánh giá độ chính xác phương pháp đo PPK, chúng tôi tiến hành so sánh tọa độ các điểm PPK với các điểm chuẩn. Các điểm chuẩn được xây dựng bằng phương pháp đo tĩnh và bình sai mạng lưới bằng máy Trimble R7 GNSS, thời gian thu tín hiệu 1 giờ, xử lý bình sai bằng phần mềm Trimble Business Center 2.0 (TBC 2.0). Đồ hình lưới, kết quả tọa độ và độ chính xác các điểm chuẩn được nêu trong Hình 4 và Bảng 1.

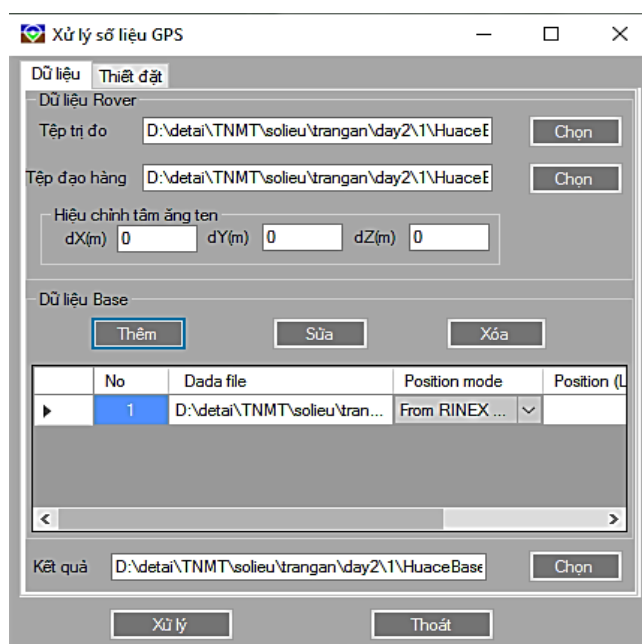
Tại các điểm mốc chuẩn, chúng tôi tiến hành đo RTK đồng thời thu dữ liệu thô vào máy thu để tiến hành xử lý PPK. Tại mốc 4548 chúng tôi đặt trạm Base RTK và tải dữ liệu thô từ trạm CORS DHMDC để tiến hành xử lý sau PPK. Sau khi đo đạc, chúng tôi tiến hành xử lý số liệu PPK với 3 trường hợp sử dụng Base DHMDC, sử dụng Base 4548 và sử dụng 2 trạm Base đồng thời. Kết quả tọa độ của từng trường hợp được chuyển về hệ tọa độ



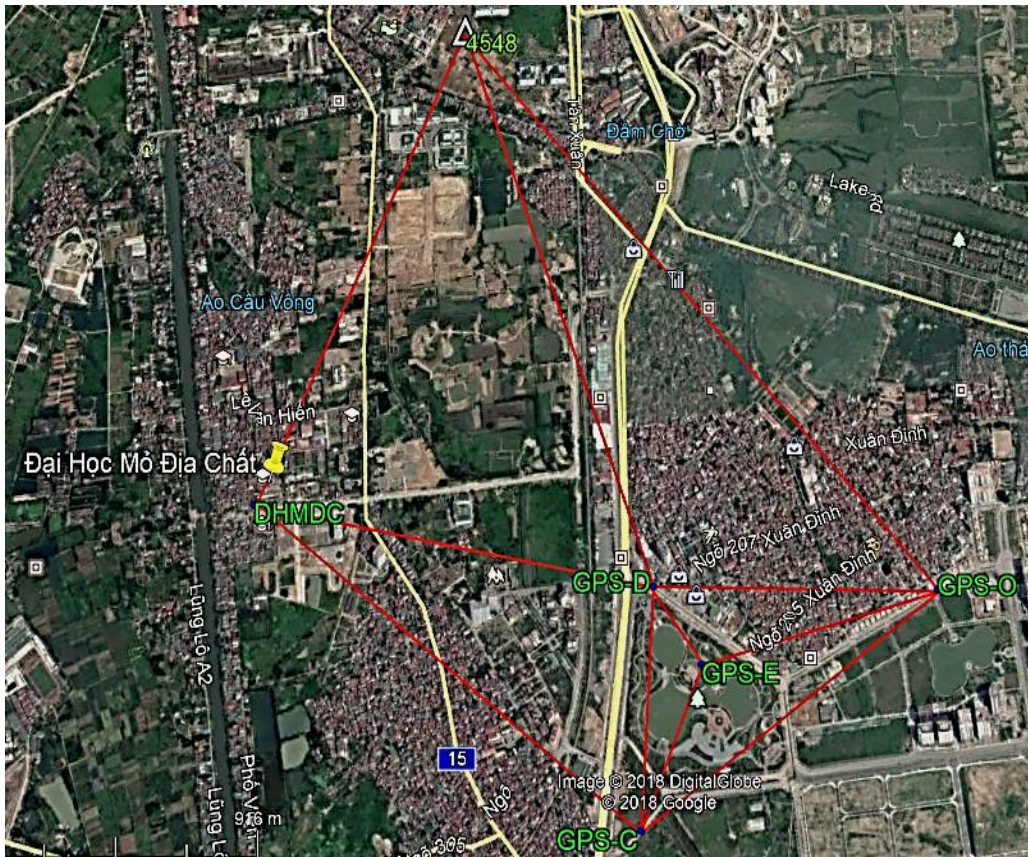
Hình 1. Máy thu GPS thực nghiệm



Hình 2. Sơ đồ khối phần mềm.



Hình 3. Giao diện xử lý số liệu GPS.



Hình 4. Sơ đồ vị trí các khu vực thực nghiệm.

Bảng 1. Tọa độ và độ chính xác đo PPK tại các mốc chuẩn.

STT	Số hiệu điểm	Tọa độ và độ cao (m)			Sai số vị trí điểm (m)			
		x	y	H	m_x	m_y	m_H	m_p
1	4548	2332590,893	581018,697	8,104	-	-	-	-
2	DHMDC	2331091,381	580178,107	27,915	0,001	0,001	0,004	0,001
3	GPS - C	2329985,972	581381,351	6,759	0,001	0,001	0,004	0,001
4	GPS - D	2330690,946	581501,441	8,318	0,001	0,001	0,005	0,001
5	GPS - O	2330574,866	582444,075	7,232	0,001	0,001	0,004	0,001
6	GPS - E	2330440,992	581632,527	7,255	0,001	0,001	0,006	0,001
7	DC - 43	2337324,461	579767,835	11,085	-	-	-	-

Bảng 2. Độ chính xác đo PPK so với các mốc chuẩn.

STT	Tên điểm	Base DHMDC (m)				Base 4548 (m)				2 Base(m)			
		m_x	m_y	m_z	m_p	m_x	m_y	m_z	m_p	m_x	m_y	m_z	m_p
1	GPS - C	-0,032	0,008	-0,034	0,047	-0,044	0,016	-0,070	0,084	-0,025	0,017	-0,030	0,043
2	GPS - D	0,041	0,021	-0,040	0,061	0,053	0,042	-0,060	0,090	0,035	0,019	0,018	0,044
3	GPS - O	-0,023	0,014	0,080	0,084	-0,035	0,026	-0,024	0,050	-0,020	0,015	-0,060	0,065
4	GPS - E	0,022	-0,008	-0,040	0,046	0,041	-0,012	-0,050	0,066	0,018	-0,007	-0,010	0,022
5	DC - 43	-0,033	-0,045	-0,025	0,061	-0,038	-0,035	-0,040	0,065	-0,035	-0,026	-0,033	0,055
6	KC	0,056	-0,034	-0,070	0,096	0,058	-0,044	-0,060	0,094	0,026	-0,042	-0,068	0,084

VN2000 và so sánh với tọa độ các điểm mốc chuẩn, kết quả nêu trong Bảng 2. Từ kết quả trên cho thấy độ lệch giữa RTK và PPK nằm trong khoảng 2÷5 cm về mặt bằng và khoảng 6 cm về độ cao. Khi các điểm đo càng xa trạm Base thì sai số càng lớn. Độ chính xác khi sử dụng 2 trạm Base tốt hơn kết quả khi sử dụng từng trạm Base đơn.

Trong thử nghiệm này, vì trạm Base DHMDC gần các điểm đo hơn nên độ chính xác vị trí điểm tốt hơn các điểm đo sử dụng trạm Base 4548. Để phân tích mức độ cải thiện, chúng tôi tiến hành phân kết quả của PPK sử dụng trạm Base DHMDC và PPK sử dụng 2 Base, kết quả như Bảng 3.

Từ kết quả thống kê, chúng ta thấy rằng độ chính xác khi sử dụng 2 trạm Base tốt hơn vào khoảng 25% so với sử dụng trạm Base đơn.

4.3. Đo kiểm tra độ chính xác PPK so với RTK

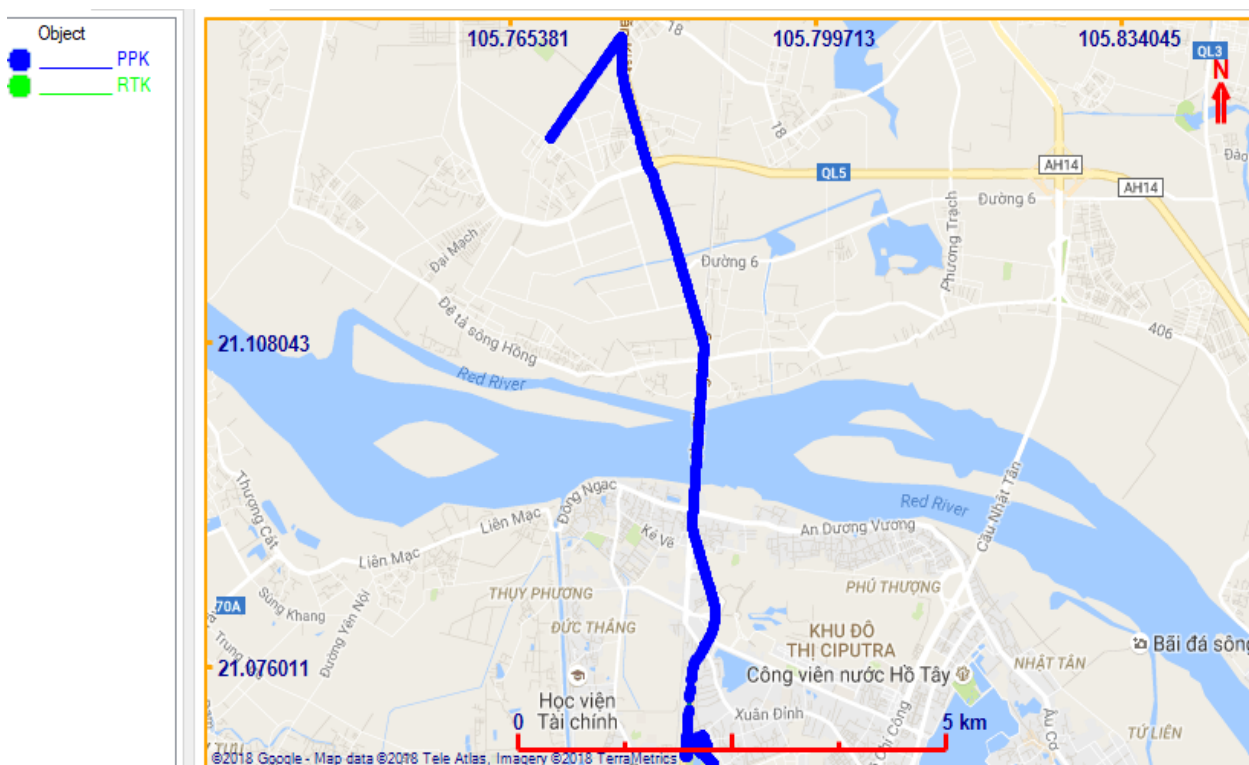
Để có một phân tích mang tính thống kê cao hơn, chúng tôi tiến hành lắp đặt thiết bị trên ô tô và di chuyển theo hành trình từ xã Kim Chung, Đông Anh về xã Xuân Đình, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội (Hình 5). Máy thu được thiết đặt để đo RTK và thu dữ liệu thô để xử lý sau bằng PPK.

Kết quả xử lý với 1127 điểm đo trên khoảng 10 km di chuyển được xử lý bằng PPK và so sánh với RTK, kết quả so sánh được trích từ số liệu phân tích như Bảng 4 và Hình 6.

Từ kết quả thực nghiệm thấy rằng sai số trung bình độ lệch giữa RTK và PPK vào khoảng 7 mm về mặt bằng và 8 mm về độ cao. Trong khi đó, sai số trung phương độ lệch vào khoảng 6 cm với mặt bằng và 7 cm với độ cao.

Bảng 3. Kết quả so sánh độ chính xác đo PPK giữa sử dụng 1 và 2 trạm Base.

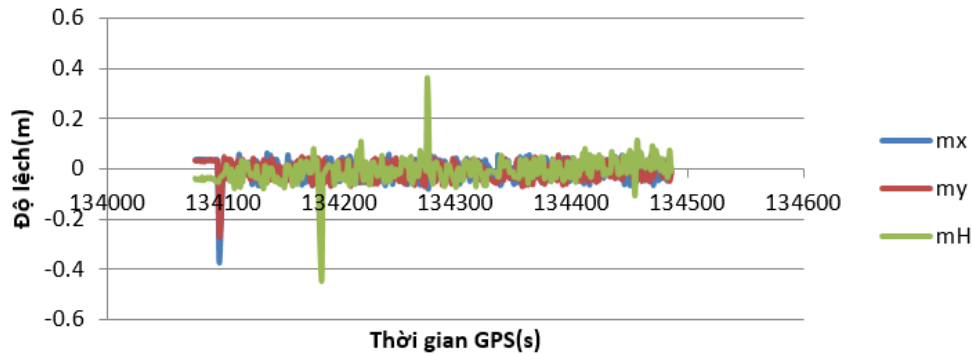
STT	Tên điểm	m_p - Base DHMDC (m)	m_p - 2 Base (m)	Chênh lệch m_p (m)	Mức cải thiện (%)
1	GPS - C	0,047	0,043	0,005	10
2	GPS - D	0,061	0,044	0,017	28
3	GPS - O	0,084	0,065	0,019	23
4	GPS - E	0,046	0,022	0,025	53
5	DC - 43	0,061	0,055	0,006	10
6	KC	0,096	0,084	0,012	12



Hình 5. Sơ đồ tuyến đo.

Bảng 4. Kết quả độ lệch giữa PPK và RTK.

STT	Độ lệch	X (m)	Y (m)	H (m)
1	Trung bình	- 0,007	- 0,007	- 0,008
2	Độ lệch chuẩn	0,062	0,050	0,070
3	Max	0,081	0,078	0,356



Hình 6. Độ lệch giữa PPK và RTK.

5. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu, chúng tôi rút ra một số kết luận sau:

Phương pháp đo tương đối động thời gian thực (RTK) với độ chính xác đạt được, đã áp dụng một cách phổ biến trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn. Tuy vậy, RTK vẫn có những hạn chế nhất định khi khoảng cách chuyển tín hiệu liên tục từ trạm tham chiếu (trạm Base) đến trạm đo đặc (Rover). Phương pháp đo động xử lý sau (PPK) đã khắc phục vấn đề trên của phương pháp RTK. Tuy nhiên, phương pháp PPK cũng có hạn chế là không kiểm soát được độ chính xác định vị trí tại thời điểm đo đặc và độ chính xác suy giảm khi tăng dần khoảng cách từ Base đến Rover.

Để nâng cao độ chính xác đo đặc bằng phương pháp PPK, chúng tôi đề xuất phương pháp đo và xử lý số liệu đo PPK với nhiều trạm Base. Thông qua thực nghiệm cho thấy độ chính xác vị trí điểm đo chi tiết của phương pháp PPK sử dụng hai trạm Base có thể cải thiện 25÷50% so với phương pháp sử dụng trạm Base đơn. Ưu điểm của phương pháp đo PPK là không cần sử dụng đến các phương tiện truyền dữ liệu cải chính từ Base đến Rover. Nhược điểm của phương pháp đo PPK là không thu được tọa độ tức thời của điểm đo và cũng không kiểm soát được chất lượng đo đặc ngay tại thời điểm đo mà kết quả và chất lượng đo

đặc chỉ thu được sau khi đã xử lý nội nghiệp bằng các phần mềm chuyên dụng.

Với sai số vị trí điểm vào khoảng 6÷7 cm trong phạm vi dưới 10 km, phương pháp đo PPK với hai trạm Base, chúng tôi kiến nghị có thể áp dụng phương pháp và phần mềm được phát triển trong nghiên cứu này để thu thập, xử lý dữ liệu đo chi tiết trong công tác thành lập các loại bản đồ tỷ lệ lớn từ 1:1000.

Tài liệu tham khảo

- 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. *Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam*.
- Đặng Nam Chinh (chủ biên), Đỗ Ngọc Đường, 2012. Định vị vệ tinh. *Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật*.
- Groves, P. D., 2008. Principles of GNSS, Inertial, and multi - sensor integrated navigation systems.
- Landau, H., Vollath, U., Deking, A., Pagels, Chr., 2001. Virtual Reference Station Networks – Recent Innovations by Trimble. *Paper presented at the GPS meeting Tokyo, Japan*.
- Parkinson, B. W., and Spikker, Jr, J. J., 1996. Global Positioning system: Theory and Application,

- American of Aeronautics and Astronautics. Inc. Washington DC, USA. *international symposium on GPS/GNSS*. 2008. 852 - 861.
- Seeber, G., 2003. *Satellite Geodesy. Walter de Gruyter*. Berlin. New York. USA.
- Sunil, B, David, W, Marcelo, S, and Karen, C, 2009. Initial Results from a Long Baseline, Kinematic, Differential GPS Carrier Phase Experiment in a Marine Environment. *IEEE PLANS 2004*. Monterey. California. 26 - 29.
- Takasu, T. & Yasuda, A., 2008. Evaluation of RTK - GPS performance with low - cost single - frequency GPS receivers. *Proceedings of*
- Talbot, N., G. Lu, T. Allison, 2002. Broadcast Network RTK - Transmission Standards and Results. *Proceedings of the 15th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*. Portland. Oregon, USA.
- Vollath, U., Deking, A., Landau, H., Pagels, Chr., Wagner, B., 2000. Multi - Base RTK Positioning using Virtual Reference Stations. *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*. Salt Lake City. Utah. USA.

ABSTRACT

Method of post - processing kinematic positioning (PPK) with multi - Base GPS for topographic mapping

Trung Thanh Duong¹, Thuy Thi Hoang¹, Tuan Minh Vo²

¹*Faculty of Geomatics and Land Administration, University of Mining and Geology, Vietnam*

²*Department of technical an planning, Natural Resources and Environmen coporation, Vietnam*

The paper introduce a method to improve the positioning accuracy of the Global Positioning System in establishing surveying control network and topographic mapping. First, the paper review the pros and cons of two positioning method such as Real - time Kinematic Positioning (RTK) and Post - Processing Kinematic Positioning (PPK). A PPK method using multi Base station is proposed. The experimental result indicated that the proposed method is enable to improve the positional accuracy to about 25÷50% compared to using the single Base station.