

# TIẾP CẬN PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ CÁC TRỊ ĐO TỪ CẶP VỆ TINH GLONASS - GPS TRONG BÀI TOÁN XỬ LÝ TOÁN HỌC HỖN HỢP CÁC TRỊ ĐO GPS VÀ GLONASS ĐỐI VỚI CÁC BASELINE CHIỀU DÀI LỚN

PGS. TSKH. HÀ MINH HÒA

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

## Tóm tắt:

Bài báo khoa học này xem xét khả năng giải quyết bài toán giải đa trị theo các trị đo pha của các sóng mang  $L_3$  và  $L_5$  được tạo bởi các trị đo từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS. Khác với công nghệ GPS, do áp dụng kỹ thuật FDMA trong công nghệ GLONASS, nên trong trường hợp này phải sử dụng thêm trị đo  $L_6$  được tạo bởi các trị đo GPS.

## I. Đặt vấn đề

Việc nghiên cứu giải quyết bài toán xử lý toán học hỗn hợp các trị đo GPS và GLONASS đã được các nhà trắc địa quan tâm từ thập kỷ 90 của thế kỷ XX. Theo các kết quả nghiên cứu trong [1], do ảnh hưởng của hiệu ứng SA độ tán xạ của các vị trí được xác định theo kết quả đo từ hệ thống GPS chính xác lớn hơn nhiều so với các vị trí được xác định theo kết quả đo từ hệ thống GLONASS. Việc xử lý đồng thời các kết quả đo từ cả hai hệ thống này sẽ làm giảm đáng kể độ tán xạ này và nâng cao đáng kể độ chính xác vị trí điểm. Trong tài liệu [2] đã chỉ ra ưu điểm của việc đạo hàng trong khu vực đô thị khi sử dụng đồng thời các dữ liệu đo GPS/GLONASS do tăng số lượng vệ tinh nhìn thấy tại các khu vực có nhiều vật cản trong đô thị. Hiện nay Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ đang triển khai thực hiện đề tài "Nghiên cứu phương pháp xử lý đồng thời các dữ liệu đo GPS/GLONASS để đồng bộ dị thường độ cao vệ tinh - thủy chuẩn và dị thường độ cao trọng lực trong bài toán xác định mặt Geoid" với mục đích chính là đánh giá khả năng nâng cao độ chính xác xác định độ cao trắc địa nhờ xử lý toán học hỗn hợp các trị đo GPS/GLONASS trong ITRF nhằm nâng cao độ chính xác xác định dị thường độ cao vệ tinh - thủy chuẩn.

Trong thập kỷ 90 của thế kỷ XX các công trình nghiên cứu về việc xử lý đồng thời các dữ liệu đo GPS/GLONASS chủ yếu tập trung vào việc chuyển các trị đo GLONASS từ hệ PZ-90 với thang thời gian GLONASS về hệ WGS-84 với thang thời gian GPS, trong đó sự không đồng bộ giữa hai thang thời gian GLONASS và GPS được đặc biệt chú ý trong việc đề xuất thuật toán xử lý hỗn hợp các trị đo GPS/GLONASS [3]. Ngoài ra sự chuyển đổi tọa độ vệ tinh giữa hai hệ thống PZ-90 (nay là PZ-90.02) và WGS-84 cũng được đặc biệt quan tâm [4, 5].

Hiện nay việc sử dụng đồng thời hai hệ thống vệ tinh GPS và GLONASS lại được đặc biệt quan tâm vì các lý do sau:

- Cam kết của Chính phủ Liên bang Nga hoàn thiện hệ thống GLONASS cho các mục đích dân sự [6] theo các hướng: nâng cao tuổi thọ dịch vụ của vệ tinh GLONASS - M lên 7 năm, tăng cường sự ổn định của đồng hồ vệ tinh lên mức  $1 \times 10^{-13}$  trên 1 ngày đêm, tăng cường độ chính xác lịch vệ tinh, nâng cao độ chính xác truyền độ chênh tức thời giữa các

Người phản biện: TS. Nguyễn Ngọc Lâu

thang thời gian GPS và GLONASS, nâng cao độ chính xác định vị điểm đến 5m v.v [xem [6, 7]], và đặc biệt từng bước thay thế các vệ tinh GLONASS - M cũ (dịch vụ tối đa đến năm 2015) bằng vệ tinh mới GLONASS - K với tuổi thọ dịch vụ từ 10 - 12 năm và sẽ có tần số thứ 3 của băng tần để sử dụng cho các mục đích dân sự.

- Tổ chức Dịch vụ GPS quốc tế cho địa động lực (IGS) đã cung cấp lịch vệ tinh chính xác của cả vệ tinh GPS lẫn vệ tinh GLONASS trong hệ ITRF [8];

- Các hãng chế tạo máy thu đã chế tạo nhiều loại máy thu GPS/GLONASS thu đồng thời các tín hiệu từ các vệ tinh trong cả hai hệ thống GPS và GLONASS, ví dụ các máy thu GEO 161, GKKS, IZUSKANHIA, BRIZ-GP của Liên bang Nga, các máy thu R4, R5, R6, R7 và R8 của hãng TRIMBLE (Mỹ), máy thu GS09 của hãng LEICA (Thụy Sĩ), GRX1 của hãng SOKKIA (Nhật Bản). Đối với các máy thu GPS/GLONASS thu đồng thời các tín hiệu từ các hệ thống WGS-84, PZ-90.02 khi chuyển các file trị đo về file khuôn dạng RINEX các trị đo GLONASS sẽ được chuyển về thang thời gian GPS [9, 10]. Điều này tạo điều kiện rất thuận lợi cho việc giải quyết bài toán xử lý toán học hỗn hợp các trị đo GPS/GLONASS.

Việc giải quyết bài toán xác định các vectơ baseline độ chính xác cao trên các khoảng cách lớn được thực hiện nhờ các trị đo vệ tinh trên các sóng mang hai tần số  $L_1$  và  $L_2$ . Khi đó việc giải quyết bài toán giải đa trị thường được dựa trên việc sử dụng các phương trình hiệu kép của các trị đo của các sóng mang  $L_3$  và  $L_5$  (hoặc  $L_6$ ) [11,12]. Tuy nhiên sự phức tạp trong việc xử lý các trị đo GLONASS nằm ở chỗ: Trong công nghệ GLONASS sử dụng kỹ thuật đa phân chia tần số (Frequency Division Multiple Access Technique - FDMA) trên cả hai tần số  $L_1$  và  $L_2$ . Kỹ thuật này khác với kỹ thuật đa phân chia mã (Code Division Multiple Access - CDMA) trong hệ thống GPS. Do trong hệ thống GLONASS không sử dụng mã để phân biệt các vệ tinh GLONASS, nên các vệ tinh GLONASS đều phát các tín hiệu mã như nhau, nhưng phát các sóng mang với các tần số khác nhau bởi kỹ thuật FDMA. Trái lại hệ thống GPS sử dụng kỹ thuật CDMA với mục đích phân biệt các vệ tinh GPS theo các tín hiệu mã do các vệ tinh phát đi, nên các vệ tinh GPS đều phát các tín hiệu mã khác nhau, nhưng phát các sóng mang  $L_1$  (và tương tự đối với  $L_2$ ) với tần số như nhau đối với tất cả các vệ tinh GPS [13]. Chính sự khác nhau giữa hai kỹ thuật FDMA trong công nghệ GLONASS và kỹ thuật CDMA trong công nghệ GPS làm phức tạp việc giải quyết bài toán giải đa trị theo các sóng mang  $L_3$  và  $L_5$  đối với các trị đo GLONASS (từ cặp vệ tinh GLONASS - GLONASS) nói riêng, và đặc biệt đối với các trị đo GPS/GLONASS (từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS) nói chung.

Đối với các khu vực có nhiều vật cản như ở các khu đô thị, việc xây dựng mạng lưới trắc địa độ chính xác cao dựa trên các trị đo GPS/GLONASS có ý nghĩa đặc biệt. Trong công trình [13] đã nghiên cứu khá sâu sắc phương pháp xử lý các trị đo GLONASS một tần số và xử lý hỗn hợp các trị đo GPS/GLONASS một tần số khi tính đến đặc thù của kỹ thuật FDMA và sự khác nhau của các thang thời gian GPS và GLONASS. Tuy nhiên trong công trình này mới xem xét việc tạo ra các tổ hợp  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_5$  và  $L_6$  khi xử lý các trị đo GLONASS hai tần số, chưa đề cập đến phương pháp sử dụng các tổ hợp này để giải đa trị đối với các trị đo GLONASS hai tần số nói riêng và tạo ra các tổ hợp các sóng mang  $L_3$ ,  $L_5$ ,  $L_6$  của các trị đo GPS/GLONASS hai tần số nói chung.

Trong bài báo khoa học này đặt ra mục tiêu nghiên cứu phương pháp xây dựng các tổ hợp các sóng mang  $L_3$ ,  $L_5$ ,  $L_6$  và sử dụng chúng để giải đa trị trong bài toán xử lý hỗn hợp

các trị đo GPS/GLONASS hai tần số.

## II. Giải quyết vấn đề

### II.1. Nghiên cứu đặc thù của kỹ thuật FDMA trong việc xác định bước sóng và tần số của các loại sóng mang

Ký hiệu  $i$  là số hiệu vệ tinh GLONASS với số hiệu kênh (số hiệu tần số)  $K_i$ . Do kỹ thuật FDMA, nên các tần số  $(f_1)_i$  và  $(f_2)_i$  của các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  của vệ tinh GLONASS  $i$  được xác định theo công thức [6]:

$$\begin{aligned} (f_1)_i &= (f_1^{(0)})_i + \Delta(f_1)_i \cdot K_i, \\ (f_2)_i &= (f_2^{(0)})_i + \Delta(f_2)_i \cdot K_i, \end{aligned} \quad (1)$$

ở đây

$$(f_1^{(0)})_i = 1602 \text{ MHz}, \quad (f_2^{(0)})_i = 1246 \text{ MHz}, \quad \Delta(f_1)_i = 0,5625 \text{ MHz}, \quad \Delta(f_2)_i = 0,4375 \text{ MHz},$$

thêm vào đó các tần số  $(f_1)_i$  và  $(f_2)_i$  luôn thỏa mãn điều kiện

$$\frac{(f_2)_i}{(f_1)_i} = \frac{7}{9}. \quad (2)$$

Từ công thức (1) có thể xác định được công thức xác định các bước sóng  $(\lambda_1)_i$  và  $(\lambda_2)_i$  của các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  của vệ tinh GLONASS  $i$ :

$$\begin{aligned} (\lambda_1)_i &= (\lambda_1^{(0)})_i + \Delta(\lambda_1)_i \cdot K_i, \\ (\lambda_2)_i &= (\lambda_2^{(0)})_i + \Delta(\lambda_2)_i \cdot K_i. \end{aligned} \quad (3)$$

ở đây với tốc độ ánh sáng  $C = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $(\lambda_1^{(0)})_i = \frac{C}{(f_1^{(0)})_i} = 0,187136366 \text{ m}$

$$(\lambda_2^{(0)})_i = \frac{C}{(f_2^{(0)})_i} = 0,240603899 \text{ m}, \quad \Delta(\lambda_1)_i = - \frac{C \cdot \Delta(f_1)_i}{[(f_1^{(0)})_i]^2} = -65,7 \text{ } \mu\text{m},$$

$$\Delta(\lambda_2)_i = - \frac{C \cdot \Delta(f_2)_i}{[(f_2^{(0)})_i]^2} = -84,5 \text{ } \mu\text{m}.$$

Đối với vệ tinh GPS, tần số  $f_1 = 1575,42 \text{ MHz}$ , tần số  $f_2 = 1227,60 \text{ MHz}$ , các bước sóng  $\lambda_1 = 0,190293673 \text{ m}$ ,  $\lambda_2 = 0,244210213 \text{ m}$ .

### II.2. Dạng phương trình của các trị đo GPS, GLONASS nhận được từ máy thu hai tần số GPS/GLONASS

Từ máy thu hai tần số GPS/GLONASS  $j$  vào thời điểm  $t$  thu đồng thời các tín hiệu từ vệ tinh GLONASS  $i$  và vệ tinh GPS  $i$ . Khi đó các phương trình của các giả cự ly GPS được

xác định theo các mã P và các trị đo pha GPS của sóng mang tần số  $L_k$  ( $k = 1,2$ ) từ vệ tinh GPS  $i$  theo thang thời gian GPS có dạng:

$$P_k(i, j, t) = D(i, j, t) + c \cdot (dt(i, t') - dT(j, t)) + T(i, j, t) + \lambda_k \cdot I_k(i, j, t) + \lambda_k \cdot M_k(i, j, t) + c \cdot (\delta(i, t') - \delta(j, t)) + \varepsilon_k, \quad (4)$$

$$\bar{\varphi}_k(i, j, t) = D(i, j, t) + c \cdot (dt(i, t') - dT(j, t)) + \lambda_k \cdot N_k(i, j) - \lambda_k \cdot I_k(i, j, t) + T(i, j, t) + \lambda_k \cdot m_k(i, j, t) + c \cdot (\delta(i, t') - \delta(j, t)) + \lambda_k \cdot (\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t''_0)) + \varepsilon_{\varphi_k}. \quad (5)$$

Các phương trình của các giả cự ly GLONASS được xác định theo các mã P và các trị đo pha GLONASS của sóng mang  $L_k$  ( $k = 1,2$ ) từ vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  theo thang thời gian GPS có dạng:

$$\bar{P}_k(\hat{i}, j, t) = D(\hat{i}, j, t) + c \cdot (dt(\hat{i}, t') - dT(j, t)) + T(\hat{i}, j, t) + (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot I_k(\hat{i}, j, t) + (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot M_k(\hat{i}, j, t) + c \cdot (\delta(\hat{i}, t') - \delta(j, t)) + C \cdot \Delta \bar{t}(\hat{i}, t') + \varepsilon_{P_k}, \quad (6)$$

$$\bar{\varphi}_k(\hat{i}, j, t) = D(\hat{i}, j, t) + c \cdot (dt(\hat{i}, t') - dT(j, t)) + (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot \bar{N}_k(\hat{i}, j) - (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot I_k(\hat{i}, j, t) + T(\hat{i}, j, t) + (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot m_k(\hat{i}, j, t) + c \cdot (\delta(\hat{i}, t') - \delta(j, t)) + c \cdot \Delta \bar{t}(\hat{i}, t') + (\lambda_k)_{\hat{i}} \cdot (\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t''_0)) + \varepsilon_{\hat{\varphi}_k}. \quad (7)$$

Trong các phương trình (4), (5), (6), (7):  $C$  - tốc độ ánh sáng;  $D(i, j, t)$  và  $D(\hat{i}, j, t)$  - các khoảng cách hình học từ vệ tinh GPS  $i$  và vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  đến máy thu  $j$  vào thời điểm  $t$ ;  $\lambda_k$  bước sóng của sóng mang tần số  $L_k$  được phát từ GPS  $i$ ,  $(\lambda_k)_{\hat{i}}$  bước sóng của sóng mang tần số  $L_k$  được phát từ GLONASS  $\hat{i}$ ; các thành phần  $I_k(i, j, t)$  và  $I_k(\hat{i}, j, t)$  là các sai số trong các trị đo GPS và GLONASS trên sóng mang  $L_k$  do ảnh hưởng của tầng điện ly, thêm vào đó với  $k = 1,2$

$$I_1(i, j, t) = K \cdot TEC / f_1, \quad I_2(i, j, t) = K \cdot TEC / f_2,$$

$$I_1(\hat{i}, j, t) = K \cdot TEC / (f_1)_{\hat{i}}, \quad I_2(\hat{i}, j, t) = K \cdot TEC / (f_2)_{\hat{i}},$$

$TEC$  - mật độ điện tử tự do trên  $1m^2$  đường truyền tín hiệu từ vệ tinh,  $K$  - hệ số thực nghiệm;  $dt(i, t')$  - sai số của đồng hồ vệ tinh GPS so với thang thời gian GPS;  $dt(\hat{i}, t')$  - sai số của đồng hồ vệ tinh GLONASS so với thang thời gian GPS;  $dT(j, t)$  - sai số đồng hồ máy thu  $j$  so với thang thời gian GPS;  $N_k(i, j)$  - trị nguyên đa trị của các sóng mang  $L_k$  từ vệ tinh GPS;  $\bar{N}_k(\hat{i}, j)$  - trị nguyên đa trị của các sóng mang  $L_k$  từ vệ tinh GLONASS;

$T(i, j, t)$  và  $T(\hat{i}, j, t)$  - các sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu đến các trị đo GPS và GLONASS;  $M_k(i, j, t)$  và  $M_k(\hat{i}, j, t)$  - các sai số do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường truyền đến các giả cự ly GPS và GLONASS tương ứng với sóng mang  $L_k$ ;  $m_k(i, j, t)$  và  $m_k(\hat{i}, j, t)$  - các sai số do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường truyền đến các trị đo pha GPS và GLONASS tương ứng với sóng mang  $L_k$ ;  $\delta(j, t)$  - sai số (trong đơn vị thời gian) do sự chậm pha trong thiết bị phân cứng của máy thu;  $\delta(j, t)$  và  $\delta(\hat{i}, t)$  - các sai số do sự chậm pha trong các thiết

bị phần cứng của các vệ tinh GPS và GLONASS;  $\varphi_i(t'_0)$  và  $\varphi_i(t_0)$  - các đại lượng pha ban đầu của các sóng mang từ vệ tinh GPS và GLONASS;  $\varphi_i(t'_0)$  - đại lượng pha ban đầu của bản copy của các sóng mang trong máy thu;  $d\bar{t}(i, t')$  - độ chênh của thang thời gian GLONASS trên đồng hồ vệ tinh so với thang thời gian GPS.

**II.3. Xử lý đồng thời các trị đo  $L_5$  từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS**

Đối với các trị đo pha GPS  $\bar{\varphi}_1(i, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(i, j, t_1)$  trên các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  từ vệ tinh GPS  $i$  đến máy thu  $j$  vào thời điểm  $t_1$ , chúng ta lập phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_5$  theo công thức:

$$\bar{\varphi}_5(i, j, t_1) = \frac{f_1 \cdot \bar{\varphi}_1(i, j, t_1)}{f_1 - f_2} - \frac{f_2 \cdot \bar{\varphi}_2(i, j, t_1)}{f_1 - f_2}$$

Lưu ý các phương trình của các trị đo pha  $\bar{\varphi}_1(i, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(i, j, t_1)$  từ công thức (5), từ công thức trên chúng ta nhận được phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_5$

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_5(i, j, t_1) = & D(i, j, t_1) + c \cdot (dt(i, t_1') - dT(j, t_1)) + \lambda_5 \cdot N_5(i, j) - \\ & - \lambda_5 \cdot I_5(i, j, t_1) + T(i, j, t_1) + \lambda_5 \cdot m_5(i, j, t_1) + c \cdot (\delta(i, t_1') - \delta(j, t_1)) + \varepsilon_{\varphi_5}, \end{aligned} \quad (8)$$

ở đây trị nguyên đa trị của sóng mang  $L_5$  có dạng

$$N_5(i, j) = N_1(i, j) - N_2(i, j) \quad (9)$$

số cải chính vào trị đo pha  $\bar{\varphi}_5(i, j, t_1)$  do ảnh hưởng của tầng điện ly có dạng:

$$I_5(i, j, t_1) = I_1(i, j, t_1) - I_2(i, j, t_1) \quad (10)$$

số cải chính vào trị đo pha  $\bar{\varphi}_5(i, j, t_1)$  do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường truyền có dạng:

$$m_5(i, j, t_1) = m_1(i, j, t_1) - m_2(i, j, t_1) \quad (11)$$

còn bước sóng  $\lambda_5 = \frac{C}{f_1 - f_2} = 0,86191840 \text{ m}$ .

Ưu điểm cơ bản của các trị đo của sóng mang  $L_5$ , như chúng ta đã thấy từ phương trình (8) là trong các phương trình của chúng không chứa các giá trị pha ban đầu của các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  cả từ vệ tinh lẫn các bản copy của các sóng mang này trong máy thu. Bây giờ giả sử vào thời điểm  $t_1$  đồng thời từ hai máy thu GPS/GLONASS  $j_1$  và  $j_2$  chúng ta thu các tín hiệu từ vệ tinh GPS  $i$ . Chúng ta sẽ nhận được hai phương trình pha của các sóng mang  $L_5$  từ hai máy này đến vệ tinh GPS ở dạng (8). Hiệu hai phương trình này cho phương trình hiệu đơn của các trị đo pha của các sóng mang  $L_5$ :

$$\begin{aligned} \Delta \bar{\varphi}_5(i, j_1, j_2, t_1) = & \Delta D(i, j_1, j_2, t_1) + c \cdot \Delta dT(j_1, j_2, t_1) + \\ & + \lambda_5 \Delta N_5(i, j_1, j_2) + c \cdot (\delta(j_2, t_1) - \delta(j_1, t_1)), \end{aligned} \quad (12)$$

ở đây

$$\begin{aligned} \Delta D(i, j_1, j_2, t_1) = & D(i, j_1, t_1) - D(i, j_2, t_1), \quad \Delta dT(j_1, j_2, t_1) = dT(j_2, t_1) - dT(j_1, t_1), \\ \Delta N_5(i, j_1, j_2) = & N_5(i, j_1) - N_5(i, j_2). \end{aligned} \quad (13)$$

Tương tự, đối với các trị đo pha GLONASS  $\bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)$  trên các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  từ vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  đến máy thu  $j$  vào thời điểm  $t_1$ , chúng ta lập phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_5$  theo công thức:

$$\bar{\varphi}_5(\hat{i}, j, t_1) = \frac{(f_1)_i \cdot \bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1)}{(f_1)_i - (f_2)_i} - \frac{(f_2)_i \cdot \bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)}{(f_1)_i - (f_2)_i}.$$

Lưu ý các phương trình của các trị đo pha  $\bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)$  từ công thức (7), từ công thức trên chúng ta nhận được phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_5$

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_5(\hat{i}, j, t_1) = & D(\hat{i}, j, t_1) + c \cdot (dt(\hat{i}, t_1') - dT(j, t_1)) + (\lambda_5)_i \cdot N_5(\hat{i}, j) - \\ & - (\lambda_5)_i \cdot I_5(\hat{i}, j, t_1) + T(\hat{i}, j, t_1) + (\lambda_5)_i \cdot m_5(\hat{i}, j, t_1) + c \cdot (\delta(\hat{i}, t_1') - \delta(j, t_1)) + \\ & + c \cdot \bar{d}\bar{t}(\hat{i}, t_1') + \varepsilon_{\bar{\varphi}_5}, \end{aligned} \quad (14)$$

ở đây các đại lượng  $N_5(\hat{i}, j)$ ,  $I_5(\hat{i}, j, t_1)$ ,  $m_5(\hat{i}, j, t_1)$  có các dạng tương tự như các công thức (9), (10), (11) nhưng tương ứng với vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ . Bước sóng

$$(\lambda_5)_i = \frac{c}{(f_1)_i - (f_2)_i}$$

khi lưu ý quan hệ (2) và công thức (3) được biểu diễn dưới dạng

$$\begin{aligned} (\lambda_5)_i = & 4,5 \cdot (\lambda_1)_i = 4,5 \cdot (\lambda_1^{(0)})_i + 4,5 \cdot K_{\hat{i}} \cdot (\Delta\lambda_1)_{\hat{i}} = (\lambda_5^{(0)})_i + K_{\hat{i}} \cdot (\Delta\lambda_5)_{\hat{i}} = \\ & = 0,842113647m - 0,00029565m \cdot K_{\hat{i}}. \end{aligned} \quad (15)$$

Như vậy  $(\lambda_5^{(0)})_i = 0,842113647 m$ .

Tương tự như công nghệ GPS, vào thời điểm  $t_1$  đồng thời từ hai máy thu GPS/GLONASS  $j_1$  và  $j_2$  chúng ta thu các tín hiệu từ vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ , chúng ta sẽ nhận được hai phương trình pha của các sóng mang  $L_5$  từ hai máy này đến vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  ở dạng (14). Lấy hiệu hai phương trình này cho phương trình hiệu đơn của các trị đo pha của các sóng mang  $L_5$ :

$$\begin{aligned} \Delta\bar{\varphi}_5(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) = & \Delta D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) + c \cdot \Delta dT(j_1, j_2, t_1) + \\ & + (\lambda_5)_i \cdot \Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2) + c \cdot (\delta(j_2, t_1) - \delta(j_1, t_1)) \end{aligned} \quad (16)$$

ở đây các đại lượng  $\Delta D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1)$ ,  $\Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2)$ ,  $\Delta dT(j_1, j_2, t_1)$  có dạng tương tự như trong công thức (13) nhưng tương ứng với vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ .

Lấy hiệu hai phương trình hiệu đơn (12) và (16) chúng ta sẽ nhận được phương trình hiệu kép của các sóng mang  $L_5$  đối với cặp vệ tinh GLONASS - GPS giữa hai máy thu  $j_1$  và  $j_2$  vào thời điểm  $t_1$  ở dạng:

$$\Delta\Delta\bar{\varphi}_5(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) + (\lambda_5)_i \cdot \Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2) - \lambda_5 \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2), \quad (17)$$

ở đây  $\Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) - D(i, j_1, j_2, t_1)$ .

Chúng ta đặt  $\lambda_5 = (\lambda_5)_{\hat{i}} + (\Delta\lambda_5)_{\hat{i}, i}$  và sẽ nhận được phương trình hiệu kép (17) ở dạng mới:

$$\Delta\Delta\hat{\varphi}_5(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) + (\lambda_5)_{\hat{i}} \cdot \Delta\Delta N_5(\hat{i}, i, j_1, j_2) + \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot (\Delta\lambda_5)_{\hat{i}, i}, \quad (18)$$

ở đây trị nguyên đa trị hiệu kép có dạng  $\Delta\Delta N_5(\hat{i}, i, j_1, j_2) = \Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2) - \Delta N_5(i, j_1, j_2)$ .

Chúng ta nhận thấy rằng do áp dụng kỹ thuật FDMA trong công nghệ GLONASS xuất hiện thành phần thứ ba ở vế phải của phương trình (18). Thành phần này không tồn tại đối với phương trình hiệu kép của các sóng mang  $L_5$  từ cặp vệ tinh GPS - GPS.

Lưu ý công thức (15) suy ra  $(\Delta\lambda_5)_{\hat{i}, i} = \lambda_5 - (\lambda_5)_{\hat{i}} = 0,019804753m - 0,00029565m \cdot K_{\hat{i}}$ .

Khi đó công thức (18) có dạng:

$$\Delta\Delta\hat{\varphi}_5(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) + (\lambda_5)_{\hat{i}} \cdot \Delta\Delta N_5(\hat{i}, i, j_1, j_2) + \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,019804753m - 0,00029565m \cdot K_{\hat{i}}]. \quad (19)$$

Khi chuyển thành phần thứ ba ở vế phải của phương trình (19) về đơn vị chu kỳ, chúng ta thấy rằng thành phần này có dạng

$$b_5(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot \frac{[0,019804753m - 0,00029565m \cdot K_{\hat{i}}]}{(\lambda_5^{(0)})_{\hat{i}}} = \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,02351791 - 0,0003510809 \cdot K_{\hat{i}}]. \quad (20)$$

Biểu diễn trị nguyên đa trị hiệu đơn  $\Delta N_5(i, j_1, j_2)$  dưới dạng

$$\Delta N_5(i, j_1, j_2) = \Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2) + \delta\Delta N_5(i, j_1, j_2), \quad (21)$$

ở đây  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  - giá trị gần đúng của trị nguyên đa trị hiệu đơn được xác định theo phương pháp nào đó,  $\delta\Delta N_5(i, j_1, j_2)$  - phần dư còn lại (sai số) của trị nguyên đa trị hiệu đơn  $\Delta N_5(i, j_1, j_2)$ .

Khi đó công thức (20) được biểu diễn dưới dạng

$$b_5(\hat{i}, i, j_1, j_2) = b_5^{(0)}(\hat{i}, i, j_1, j_2) + \delta b_5(\hat{i}, i, j_1, j_2) = \Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2) \cdot [0,02351791 + 0,0003510809 \cdot K_{\hat{i}}] + \delta\Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,002351791 + 0,000351081 \cdot K_{\hat{i}}]. \quad (22)$$

Như vậy để giải đa trị thành công theo phương trình hiệu kép (19) chúng ta phải tìm giá trị gần đúng của trị nguyên đa trị hiệu đơn  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  sao cho ảnh hưởng của phần dư còn lại  $\delta\Delta N_5(i, j_1, j_2)$  trong công thức (22) đảm bảo

$$\delta\Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,002351791 + 0,000351081 \cdot K_{\hat{i}}] \leq 0,15 \text{ chu kỳ,}$$

tức đại lượng  $\delta\Delta N_5(i, j_1, j_2)$  không được lớn hơn 14 chu kỳ. Chúng ta sẽ giải quyết vấn đề này nhờ tổ hợp sóng mang  $L_6$  đối với cặp vệ tinh GLONASS - GPS.

#### **II.4. Xử lý đồng thời các trị đo $L_3$ từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS**

Sóng mang  $L_3$  được gọi là sóng mang không bị ảnh hưởng của tầng điện ly. Đối với các trị đo pha GPS  $\bar{\varphi}_1(i, j, t)$ ,  $\bar{\varphi}_2(i, j, t)$  trên các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  từ vệ tinh GPS  $i$  đến máy thu  $j$  vào thời điểm  $t_1$ , chúng ta lập phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_3$  theo công thức:

$$\bar{\varphi}_3(i, j, t_1) = \frac{f_1^2 \cdot \bar{\varphi}(i, j, t_1) - f_2^2 \cdot \bar{\varphi}_2(i, j, t_1)}{f_1^2 - f_2^2},$$

và lưu ý công thức (5) đối với các trị đo pha  $\bar{\varphi}_1(i, j, t)$ ,  $\bar{\varphi}_2(i, j, t)$  chúng ta nhận được phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_3$  của vệ tinh GPS  $i$  (đơn vị mét)

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_3(i, j, t_1) = & D(i, j, t_1) + C \cdot (dt(i, t'_1) - dT(j, t_1)) + \lambda_3 \cdot N_3(i, j) + \\ & + T(i, j, t_1) + \lambda_3 \cdot m_3(i, j, t_1) + C \cdot (\delta(i, t'_1) - \delta(j, t_1)) + \\ & + \lambda_3 \cdot (\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t'_0)) + (\bar{\varepsilon}_3)_{i,j}, \end{aligned} \quad (23)$$

ở đây bước sóng  $\lambda_3 = \frac{c}{f_1 + f_2} = 0,106953378 \text{ m}$ .

Vào thời điểm  $t_1$  từ hai máy thu GPS/GLONASS  $j_1$  và  $j_2$  thu đồng thời các tín hiệu từ vệ tinh GPS  $i$ . Chúng ta nhận được hai phương trình của các sóng mang  $L_3$  dạng (23). Lưu ý rằng do trong máy thu tín hiệu vệ tinh sử dụng kỹ thuật PLL (Phase - locked Loop) để đồng bộ các tín hiệu đến từ vệ tinh và các bản copy của chúng trong máy thu, nên hiệu  $(\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t'_0))$  là đại lượng rất nhỏ và chúng sẽ bị loại bỏ trong phương trình hiệu đơn. Ngoài ra khi coi các sai số do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường truyền nhỏ và chúng sẽ triệt tiêu trong hiệu của các phương trình trên, từ hai phương trình này chúng ta lập được phương trình hiệu đơn của các trị đo pha của sóng mang  $L_3$  đối với vệ tinh GPS  $i$  ở dạng sau:

$$\begin{aligned} \Delta\bar{\varphi}_3(i, j_1, j_2, t_1) = & \Delta D(i, j_1, j_2, t_1) + C \cdot \Delta dT(j_1, j_2, t_1) + \lambda_3 \cdot \Delta N_3(i, j_1, j_2) + \\ & + C \cdot (\delta(j_2, t_1) - \delta(j_1, t_1)), \end{aligned} \quad (24)$$

ở đây

$$\begin{aligned} \Delta D(i, j_1, j_2, t_1) = & D(i, j_1, t_1) - D(i, j_2, t_1), \quad \Delta dT(j_1, j_2, t_1) = dT(j_2, t_1) - dT(j_1, t_1), \\ \Delta N_3(i, j_1, j_2) = & N_3(i, j_1) - N_3(i, j_2). \end{aligned} \quad (25)$$

thêm vào đó đại lượng  $\Delta N_3(i, j_1, j_2)$  được gọi là trị nguyên đa trị hiệu đơn của sóng mang  $L_3$  đối với vệ tinh GPS.

Tương tự, đối với các trị đo pha GLONASS  $\bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)$  trên các sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  từ vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  đến máy thu  $j$  vào thời điểm  $t_1$ , chúng ta lập phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_3$  (đơn vị mét) theo công thức:



$$\bar{\varphi}_3(\hat{i}, j, t_1) = \frac{(f_1^2)_i \cdot \bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1) - (f_2^2)_i \cdot \bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)}{(f_1^2)_i - (f_2^2)_i},$$

và lưu ý các phương trình của các trị đo pha  $\bar{\varphi}_1(\hat{i}, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(\hat{i}, j, t_1)$  từ công thức (7), từ công thức trên chúng ta nhận được phương trình trị đo pha của sóng mang  $L_3$  của vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ :

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_3(\hat{i}, j, t_1) = & D(\hat{i}, j, t_1) + C \cdot (dt(\hat{i}, t'_1) - dT(j, t_1)) + (\lambda_3)_i \cdot N_3(\hat{i}, j) + \\ & + T(\hat{i}, j, t_1) + (\lambda_3)_i m_3(\hat{i}, j, t_1) + C \cdot (\delta(\hat{i}, t'_1) - \delta(j, t_1)) + \\ & + (\lambda_3)_i (\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t'_0)) + (\bar{\varepsilon}_3)_{i,j}, \end{aligned} \quad (26)$$

còn bước sóng  $(\lambda_3)_i = \frac{c}{(f_1)_i + (f_2)_i}$ , khi lưu ý quan hệ (2) và công thức (3), sẽ được biểu diễn dưới dạng

$$\begin{aligned} (\lambda_3)_i = & 0,5625 \cdot (\lambda_1)_i = 0,5625 \cdot (\lambda_1^{(0)})_i + 0,5625 \cdot K_i \cdot (\Delta\lambda_1)_i = \\ & = 0,105264205875 - 0,00003695625 \cdot K_i, \end{aligned} \quad (27)$$

Như vậy  $(\lambda_3^{(0)})_i = 0,105264205875 \text{ m}$ .

Vào thời điểm  $t_1$  từ hai máy thu GPS/GLONASS  $j_1$  và  $j_2$  thu đồng thời các tín hiệu từ vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ . Chúng ta nhận được hai phương trình của các sóng mang  $L_3$  dạng (26). Tương tự khi tính đến việc áp dụng kỹ thuật PLL để đồng bộ các tín hiệu đến từ vệ tinh và các bản copy của chúng trong máy thu, nên hiệu  $(\varphi_i(t'_0) - \varphi_j(t'_0))$  là đại lượng rất nhỏ và chúng sẽ bị loại bỏ trong phương trình hiệu đơn. Khi đó coi các sai số do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường truyền nhỏ và chúng sẽ triệt tiêu trong hiệu của các phương trình trên, từ hai phương trình này chúng ta lập được phương trình hiệu đơn của các trị đo pha của sóng mang  $L_3$  đối với vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  ở dạng sau:

$$\begin{aligned} \Delta\bar{\varphi}_3(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) = & D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) + C \cdot \Delta dT(j_1, j_2, t_1) + (\lambda_3)_i \cdot \Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2) + \\ & + C \cdot (\delta(j_2, t_1) - \delta(j_1, t_1)), \end{aligned} \quad (28)$$

ở đây  $\Delta D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1)$ ,  $\Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2)$ ,  $\Delta dT(j_1, j_2, t_1)$  có các dạng tương tự như các công thức (25) nhưng tương ứng với vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$ , thêm vào đó đại lượng  $\Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2)$  được gọi là trị nguyên đa trị hiệu đơn của sóng mang  $L_3$  đối với vệ tinh GLONASS.

Lấy hiệu hai phương trình (24) và (28) chúng ta nhận được phương trình hiệu kép của các trị đo pha của các sóng mang  $L_3$  đối với cặp vệ tinh GLONASS - GPS:

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\hat{\varphi}_3(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = & \Delta\bar{\varphi}_3(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) - \Delta\bar{\varphi}_3(i, j_1, j_2, t_1) = \\ = & \Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) + (\lambda_3)_i \cdot \Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2) - \lambda_3 \cdot \Delta N_3(i, j_1, j_2), \end{aligned} \quad (29)$$

ở đây  $\Delta\Delta D(\hat{i}, i, j_1, j_2, t_1) = \Delta D(\hat{i}, j_1, j_2, t_1) - D(i, j_1, j_2, t_1)$ .

Chúng ta đặt  $(\lambda_3)_{\hat{i}} = \lambda_3 + (\Delta\lambda_3)_{\hat{i},i}$ . Khi đó phương trình (29) có dạng mới:

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\hat{\varphi}_3(\hat{\xi}, i, j_1, j_2, t_1) = & \Delta\Delta D(\hat{\xi}, i, j_1, j_2, t_1) + (\lambda_3)_{\hat{i}} \cdot \Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2) - \\ & - (\lambda_3)_{\hat{i}} \cdot \Delta N_3(i, j_1, j_2) + (\Delta\lambda_3)_{\hat{i},i} \cdot \Delta N_3(i, j_1, j_2). \end{aligned} \quad (30)$$

ở đây lưu ý công thức (27) chúng ta có

$$(\Delta\lambda_3)_{\hat{i},i} = (\lambda_3)_{\hat{i}} - \lambda_3 = -0,001689172m - 0,00003695625m \cdot K_{\hat{i}}. \quad (31)$$

Như vậy do áp dụng kỹ thuật FDMA trong công nghệ GLONASS xuất hiện thành phần thứ tư ở vế phải của phương trình (30). Thành phần này không tồn tại đối với phương trình hiệu kép của các sóng mang  $L_3$  từ cặp vệ tinh GPS - GPS.

Do đối với vệ tinh GLONASS  $\hat{i}$  chúng ta có quan hệ

$$\Delta N_3(\hat{i}, j_1, j_2) = 3,5 \cdot \Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2) + \Delta N_1(\hat{i}, j_1, j_2).$$

còn đối với vệ tinh GPS  $i$  chúng ta có

$$\begin{aligned} \Delta N_3(i, j_1, j_2) = & \frac{f_2 \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2)}{f_1 - f_2} + \Delta N_1(i, j_1, j_2) = \\ = & 3,529412 \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2) + \Delta N_1(i, j_1, j_2). \end{aligned}$$

Thay các biểu thức trên vào công thức (30) suy ra

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\hat{\varphi}_3(\hat{\xi}, i, j_1, j_2, t_1) = & \Delta\Delta D(\hat{\xi}, i, j_1, j_2, t_1) + 3,5 \cdot (\lambda_3)_{\hat{i}} \cdot \Delta N_5(\hat{i}, j_1, j_2) + \\ & + (\lambda_3)_{\hat{i}} \cdot \Delta N_1(\hat{i}, j_1, j_2) - 3,529412 \cdot (\lambda_3)_{\hat{i}} \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2) - \\ & - \lambda_3 \cdot \Delta N_1(i, j_1, j_2) + 3,529412 \cdot (\Delta\lambda_3)_{\hat{i},i} \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2). \end{aligned} \quad (32)$$

Việc giải hệ phương trình hiệu kép (19) của các trị đo pha của các sóng mang  $L_5$  từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS và hệ phương trình hiệu kép (32) của các trị đo pha của các sóng mang  $L_3$  từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS là cơ sở của bài toán giải đa trị trong việc xử lý các trị đo hai tần số từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS.

Chúng ta nghiên cứu phương trình (32). Khi chuyển thành phần thứ sáu ở vế phải của công thức này về đơn vị chu kỳ chúng ta có dạng

$$\begin{aligned} b_3(\hat{\xi}, i, j_1, j_2, t_1) = & 3,529412 \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot \frac{(\Delta\lambda_3)_{\hat{i},i}}{(\lambda_3^{(0)})} = \\ = & -\Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,05663638 + 0,001239109 \cdot K_{\hat{i}}]. \end{aligned} \quad (33)$$

Từ biểu thức (21) chúng ta biểu diễn biểu thức (33) dưới dạng

$$\begin{aligned}
 b_3(\hat{i}, i, j_1, j_2) &= b_3^{(0)}(\hat{i}, i, j_1, j_2) + \delta b_3(\hat{i}, i, j_1, j_2) = \\
 &= -\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2) \cdot [0,05663638 + 0,001239109 \cdot K_{\hat{i}}] - \\
 &\quad - \delta \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,05663638 + 0,001239109 \cdot K_{\hat{i}}].
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

Như vậy để giải hệ phương trình hiệu kép (32) chúng ta cần xác định giá trị gần đúng của trị nguyên đa trị hiệu đơn  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  sao cho ảnh hưởng của phần dư còn lại  $\delta \Delta N_5(i, j_1, j_2)$  trong công thức (34) đảm bảo

$$\delta \Delta N_5(i, j_1, j_2) \cdot [0,05663638 + 0,001239109 \cdot K_{\hat{i}}] \leq 0,15 \text{ chu kỳ,}$$

tức đại lượng  $\delta \Delta N_5(i, j_1, j_2)$  không được lớn hơn 2 chu kỳ. Đây là yêu cầu rất cao khi xử lý các trị đo từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS. Chúng ta sẽ giải quyết vấn đề này nhờ tổ hợp sóng mang  $L_6$  đối với cặp vệ tinh GLONASS - GPS.

### **II.5. Xử lý đồng thời các trị đo $L_6$ từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS**

Để giải quyết các vấn đề khi giải các phương trình hiệu kép của các sóng mang  $L_5$  và  $L_3$  được xác định từ các trị đo pha của cặp vệ tinh GLONASS - GPS, chúng ta cần xác định giá trị gần đúng  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  với độ chính xác đủ cao để sai số còn lại  $\delta \Delta N_5(i, j_1, j_2)$  không được lớn hơn 2 chu kỳ.

Chúng ta sẽ nghiên cứu giải quyết bài toán này dựa trên các trị đo  $L_6$  được tạo ra chỉ từ các trị đo GPS  $\bar{\varphi}_1(i, j, t_1)$ ,  $\bar{\varphi}_2(i, j, t_1)$ ,  $P_1(i, j, t_1)$ ,  $P_2(i, j, t_1)$  khi tính đến độ chính xác xác định các giả cự ly theo các mã  $P_1$  và  $P_2$  trong công nghệ GPS có độ chính xác cao hơn 2 lần so với các giả cự ly tương tự trong công nghệ GLONASS.

Đối với vệ tinh GPS phương trình trị đo sóng mang  $L_6$  có dạng

$$L_6(i, j, t_1) = \bar{\varphi}_5(i, j, t_1) - \frac{f_1 \cdot P_1(i, j, t_1) + f_2 \cdot P_2(i, j, t_1)}{f_1 + f_2},
 \tag{35}$$

và lưu ý các phương trình (4) và (8) chúng ta có:

$$L_6(i, j, t_1) = \lambda_5 \cdot N_5(i, j) + \lambda_5 \cdot [m_5(i, j, t_1) - M_5(i, j, t_1)] + \varepsilon_6.
 \tag{36}$$

Vào thời điểm  $t_1$  từ hai máy thu hai tần số GPS/GLONASS đồng thời thu tín hiệu từ vệ tinh GPS  $i$ . Khi đó chúng ta nhận được hai phương trình trị đo  $L_6$  ở dạng (36). Lấy hiệu hai phương trình này và bỏ qua hiệu các số cải chính do hiện tượng đa đường truyền khi coi đại lượng của nó bị giảm thiểu và có giá trị nhỏ bỏ qua, chúng ta nhận được phương trình hiệu đơn của trị đo  $L_6$ :

$$\Delta L_6(i, j_1, j_2, t_1) = \lambda_5 \cdot \Delta N_5(i, j_1, j_2).
 \tag{37}$$

Từ phương trình (37) chúng ta nhận thấy rằng có thể sử dụng phương trình này để xác định giá trị gần đúng  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  thêm vào đó phương trình này được lập chỉ từ các trị đo GPS. Vấn đề cần giải quyết tiếp theo là đánh giá độ chính xác của các giá trị gần đúng này nhận được từ giải hệ phương trình (37).

Do sai số trung phương của đại lượng  $\Delta \bar{\varphi}_5$  chỉ ở mức 0,017m, còn sai số trung phương của giả cự ly được xác định theo mã P trong công nghệ GPS bằng  $m_p = 0,3m$ , nên sai số

trung phương của trị đo  $L_6(i,j,t_1)$  (35) chủ yếu do sai số trong các giả cự ly  $P_1(i,j,t_1)$  và  $P_2(i,j,t_2)$ . Đối với vệ tinh GPS các hệ số

$$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0,562044, \quad \frac{f_2}{f_1 + f_2} = 0,437956.$$

Từ công thức (35) khi chuyển sang sai số trung phương chúng ta có

$$m_{L_6}^2 = \left( \frac{f_1}{f_1 + f_2} \right)^2 \cdot m_{P_1}^2 + \left( \frac{f_2}{f_1 + f_2} \right)^2 \cdot m_{P_2}^2.$$

Khi coi  $m_{P_1} = m_{P_2} = 0,3m$  chúng ta nhận được  $m_{L_6} = 0,214m$ . Từ đây suy ra  $m_{\Delta L_6} = \sqrt{2} \cdot 0,214m = 0,303m$ .

Từ phương trình (37) khi chuyển sang sai số trung phương chúng ta có:

$$m_{\Delta L_6}^2 = \lambda_5^2 \cdot m_{\Delta N_5}^2,$$

$$\text{hay } m_{\Delta N_5} = \frac{m_{\Delta L_6}}{\lambda_5}.$$

Đối với vệ tinh GPS bước sóng  $\lambda_5 = 0,861918400m$ , và chúng ta nhận được  $m_{\Delta N_5} = 0,35$  chu kỳ. Nếu coi sai số còn lại lớn nhất  $\delta \Delta N_5(i, j_1, j_2)$  ở mức  $\pm 2,5 \cdot m_{\Delta L_5} = 0,7$  chu kỳ, thì chúng ta thấy rằng việc xác định các giá trị gần đúng  $\Delta N_5^{(0)}(i, j_1, j_2)$  từ giải hệ phương trình (37) hoàn toàn đáp ứng việc giải đa trị theo các phương trình kép (19) và (32) trong bài toán xử lý toán học các trị đo từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS.

### III. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu trong bài báo khoa học này cho thấy khả năng giải đa trị đối với các sóng mang  $L_5$  và  $L_3$  từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS. Khác với công nghệ GPS, do áp dụng kỹ thuật FDMA trong công nghệ GLONASS, nên trong trường hợp giải đa trị đối với các sóng mang  $L_5$  và  $L_3$  từ cặp vệ tinh GLONASS - GPS phải sử dụng thêm các trị đo  $L_6$  được tạo ra từ các trị đo GPS hai tần số. Các kết quả nghiên cứu này định hướng đến việc hoàn thiện phương pháp xử lý toán học hỗn hợp các trị đo hai tần số GPS và GLONASS để xây dựng các mạng lưới trắc địa độ chính xác cao, đặc biệt trong các khu vực có nhiều vật cản. ○

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Mirsa P., Pratt M., Muchnik R., Burke B., Hall T. (1996). Glonass Performance: Measurement Data Quality and System Upkeep. PP. 261 – 269. In: Proceedings of The 9<sup>th</sup> International Technical Meeting of The Sattelite Division of The Institute of Navigation ION – 96, Part 1 or 2, September 17 – 20, Kansas City Convention Center.

[2]. Kuprianov A.O. (1998). Các đặc điểm của việc sử dụng các máy thu GLONASS và GPS, các triển vọng phát triển và các ưu điểm của việc sử dụng chúng đối với trắc địa, đo vẽ ảnh, bản đồ và trong các hệ thống địa thông tin. Báo cáo tại Hội nghị khoa học - kỹ thuật "Hiện trạng và các triển vọng phát triển Trắc địa, Đo vẽ ảnh, Bản đồ và các hệ thống địa thông tin". TXNHIGAiK, Matxcova, trg.136-149. (Tiếng Nga).

[3]. Lewandowski W. (1996). Experiment Using GPS/GLONASS Common – View Time Transfer Between Europe and North America. PP. 271 – 277. In: Proceedings of The 9<sup>th</sup> International Technical Meeting of The Sattelite Division of The Institute of Navigation ION – 96, Part 1 or 2, September 17 – 20, Kansas City Convention Center.

[4]. Udo Rossbach, Heinz Habrich. (1996). Transformation Parameters Between PZ-90 and WGS – 84. PP. 279 – 285. In: Proceedings of The 9<sup>th</sup> International Technical Meeting of The Sattelite Division of The Institute of Navigation ION – 96, Part 1 or 2, September 17 – 20, Kansas City Convention Center.

[5]. Misra P.N., Abbot I., Gaposchkin E.M. (1996). Integrated Use of GPS and Glonass: Transformation Between WGS – 84 and PZ-90, PP. 307 – 314. In: Proceedings of The 9<sup>th</sup> International Technical Meeting of The Sattelite Division of The Institute of Navigation ION – 96, Part 1 or 2, September 17 – 20, Kansas City Convention Center.

[6]. Global navigation satellite system GLONASS. (2002). Interface Control Document version 5.0. Coordination scientific information center. Moscow.

[7]. Ivanov N. et al. (1995). Ways of GLONASS System Advancing. Proc. ION GPS – 95. Palm Springs. CA. September 12 – 15, 1995, PP. 991 – 1011.

[8]. Boucher C. and Altamimi Z. (2001). "ITRF, PZ-90 and WGS 84: current realizations and the related transformation parameters", Journal of Geodesy, 75: 613-619.

[9]. Werner Gurtner. (2001). "RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.10". Astronomical Institute, University of Bern (website IGS).

[10]. Werner Gurtner. (2007). "RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 3.00". Astronomical Institute, University of Bern (website IGS).

[11]. Blewit G. (1990). An automatic editing algorithm for GPS data. Geophysical Research Letters, 17 (3), 199 - 202.

[12]. Rothacher M. (1992). Orbits of satellite systems in space geodesy. Geodatisch – geophysikische Arbeiten in der Schweiz, V.46.

[13]. Habrich H. Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations.(1999). Inauguraldissertation der Philosophisch–naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. Bern, den 4.11.1999.

## **Summary**

APPROACH TO DATA PROCESSING METHOD FROM SATELLITE PAIR GLONASS - GPS IN A TASK OF THE COMBINED GPS AND GLONASS DATA PROCESSING FOR THE LONG BASELINES

*Ass. Prof. Dr.Sc. Ha Minh Hoa*

*Vietnam Institute of Geodesy and Cartography*

This scientific paper considers an abilities for an ambiguity resolution by carrier phase observables  $L_3$  and  $L_5$  established from the observables of satellite pair GLONASS - GPS. Otherwise from GPS technology, because of the applying of FDMA technique in GLONASS technology, in above mentioned occasion we must additionally use observables  $L_6$  established from GPS observables.○