

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THÁM

BÁO CÁO HỌC THUẬT

**XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ SỬ
DỤNG TRONG CÔNG NGHỆ UAV**

BÁO CÁO VIÊN:

TS. TRẦN TRUNG ANH

BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THÁM
KHOA TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI

HÀ NỘI – 12/2021

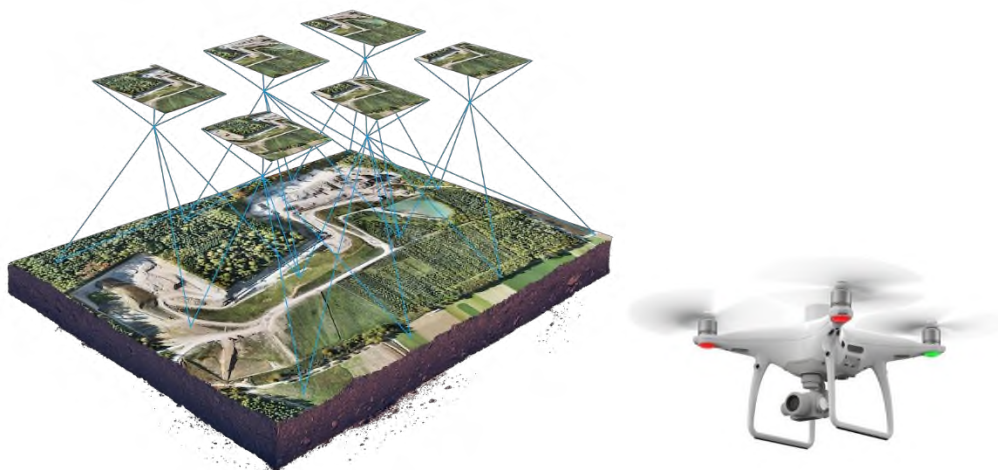
MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
1. CHƯƠNG 1. CÁC HỆ THỐNG TỌA ĐỘ DÙNG TRONG CÔNG NGHỆ UAV ...	2
1.1 <i>GIỚI THIỆU CHUNG</i>	<i>2</i>
1.2 <i>CÁC HỆ THỐNG TỌA ĐỘ DÙNG TRONG CÔNG NGHỆ ĐO ẢNH.....</i>	<i>3</i>
1.2.1 Các hệ tọa độ trong không gian ảnh	3
1.2.2 Các hệ tọa độ trong không gian vật.....	5
2. CHƯƠNG 2. THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN HỆ TỌA ĐỘ TRONG CÔNG NGHỆ UAV.....	10
2.1 <i>THUẬT TOÁN TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ.....</i>	<i>10</i>
2.2 <i>QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ.....</i>	<i>13</i>
3. CHƯƠNG 3. THỰC NGHIỆM TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ.....	16
3.1 <i>KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH.....</i>	<i>16</i>
3.2 <i>THU THẬP SỐ LIỆU</i>	<i>17</i>
3.3 <i>KẾT QUẢ.....</i>	<i>18</i>
3.4 <i>THẢO LUẬN.....</i>	<i>21</i>
KẾT LUẬN	22
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	23

CHƯƠNG 1. CÁC HỆ THỐNG TỌA ĐỘ DÙNG TRONG CÔNG NGHỆ UAV

1.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Máy bay không người lái (viết tắt **UAV** - Unmanned aerial vehicle) là tên gọi chỉ chung cho các loại máy bay mà không có phi công ở buồng lái và được điều khiển từ xa từ trung tâm. Loại máy bay này được dùng để phục vụ cho mục đích trinh thám quân sự, hoặc dân sự (quay phim, chụp ảnh...). Loại tổ hợp máy bay này có khả năng tự động hóa các hoạt động của máy bay cao, không đòi hỏi những trang thiết bị hàng không đặc chủng, giá thành khai thác sử dụng và bảo trì hệ thống để phục vụ lâu dài rẻ.

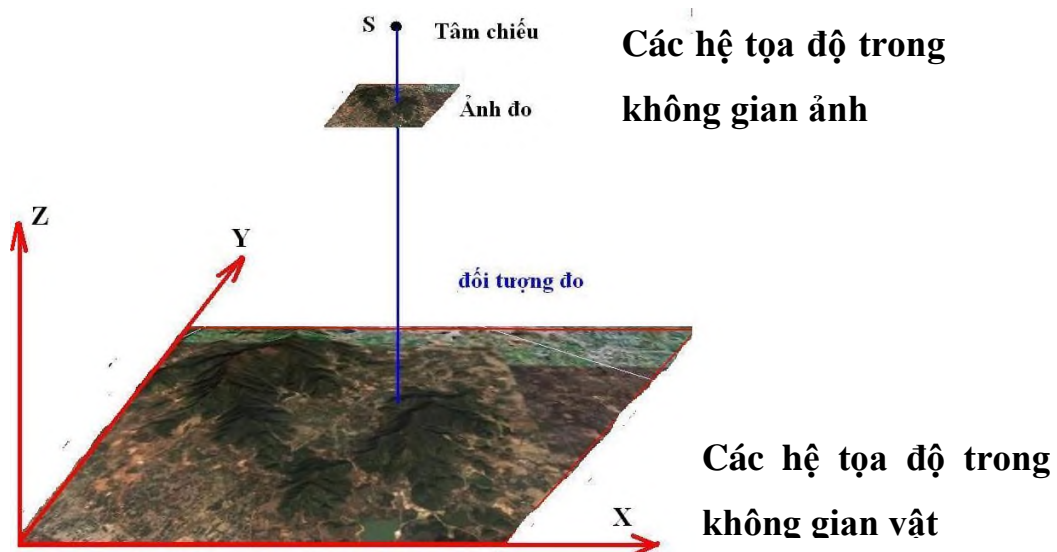


Hình 1.1 Máy bay Phantom 4 RTK dùng trong công tác đo đạc bản đồ (ảnh DJI)

Việc sử dụng máy bay không người lái UAV vào công tác đo đạc bản đồ đã được ứng dụng ở nước ta từ vài năm gần đây, và giờ đây đã trở nên khá là phổ biến. Bộ Tài nguyên và Môi trường cũng đã ra thông tư kỹ thuật số 07/2021/TT-BTNMT ngày 30/6/2021 “quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái phục vụ xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000”. Thông tư này thể hiện sự công nhận về công nghệ đối với UAV trong đo đạc bản đồ tỷ lệ lớn.

1.2 CÁC HỆ THỐNG TỌA ĐỘ DÙNG TRONG CÔNG NGHỆ ĐO ẢNH

Trong công nghệ đo ảnh, có 2 nhóm hệ tọa độ chính là Hệ tọa độ trong không gian ảnh và Hệ tọa độ trong không gian vật. Trong mỗi nhóm Hệ tọa độ này lại chia ra nhiều hệ tọa độ theo mục đích khác nhau, và các bài toán đo ảnh chính là các bài toán tính chuyển (hoặc tính đổi) qua lại giữa các hệ tọa độ này. Công việc này đòi hỏi sự chính xác về thuật toán và tỷ mỉ về phương thức thực hiện vì nó ảnh hưởng đến kết quả của sản phẩm đo đạc bản đồ từ thiết kế bay chụp đến quá trình xử lý.



Hình 1.2 Các hệ tọa độ dùng trong đo ảnh

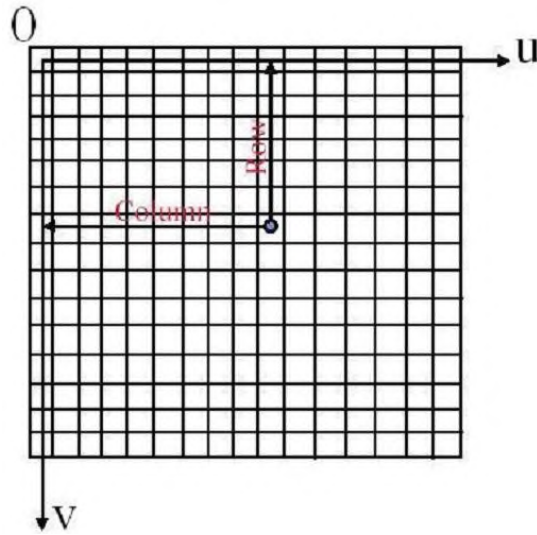
1.2.1 Các hệ tọa độ trong không gian ảnh

(a) Hệ tọa độ ảnh số

Hệ tọa độ ảnh số dùng để xác định vị trí pixel điểm ảnh, được xây dựng mặc định như sau:

- Gốc là pixel phía trái bên trên;
- Trục u tăng dần theo số thứ tự cột của pixel từ trái sang phải;
- Trục v tăng dần theo số thứ tự hàng của pixel từ trên xuống dưới.

Thông thường tọa độ điểm ảnh trong hệ tọa độ ảnh số là số nguyên dương.



Tọa độ ảnh số của một pixel được xác định thông qua véc tơ:

$$r_{as} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$$

Hình 1.3 Hệ tọa độ ảnh số o-uv

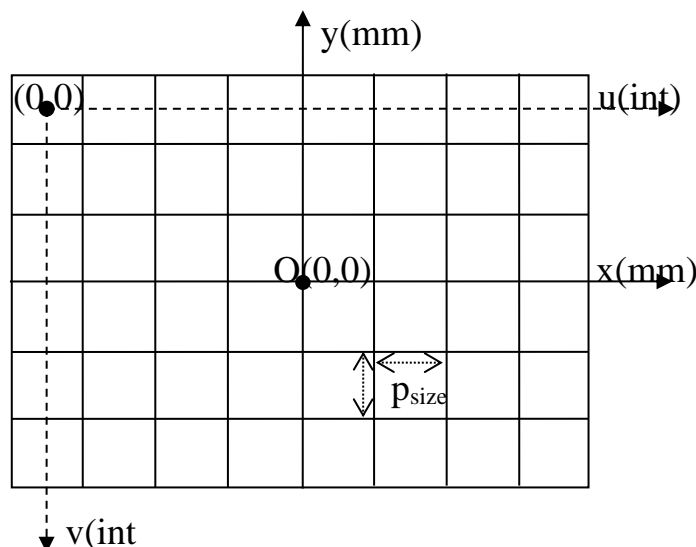
(b) Hệ tọa độ mặt phẳng ảnh

Hệ tọa độ mặt phẳng ảnh o-xy xác lập tọa độ điểm ảnh trong một hệ vuông góc Đề Các 2 chiều: với trục x là trục hoành được xác lập là vị trí trung tâm của ảnh, có trục hướng từ trái sang phải, trục y là trục tung được xác lập vuông góc với trục x, hướng từ dưới lên trên cắt trục x tại vị trí gốc o là trung tâm của ảnh.

Trong máy chụp ảnh dùng phim quang học, hệ tọa độ ảnh số được định vị bởi các dấu khung tọa độ. Tọa độ mặt phẳng ảnh của các dấu khung được xác định thông qua quá trình kiểm định ảnh, nó là cơ sở để tính chuyển hệ tọa độ từ ảnh số về hệ tọa độ mặt phẳng ảnh.

Tọa độ một điểm ảnh xác lập trong hệ tọa độ mặt phẳng ảnh theo véc tơ:

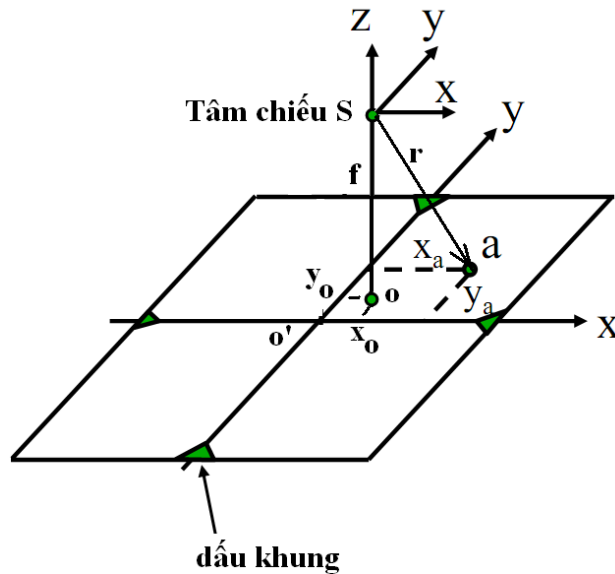
$$r_a = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (1.1)$$



Hình 1.4 Hệ tọa độ mặt phẳng ảnh o-xy của ảnh số

(c) Hệ tọa độ không gian ảnh

Hệ tọa độ không gian ảnh S-xyz là một hệ tọa độ không gian 3 chiều Đề-Các được định nghĩa như sau: Điểm gốc tọa độ trùng với tâm chụp **S**, trục tọa độ **z** trùng với tia sáng chính **So** và hướng lên trên, các trục tọa độ **x, y** song song với các trục **x, y** của hệ tọa độ mặt phẳng ảnh.



Tọa độ không gian ảnh của một điểm ảnh được xác định thông

qua véc tơ:

$$r = \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{pmatrix}$$

Hình 1.5 Hệ tọa độ không gian ảnh S-xyz

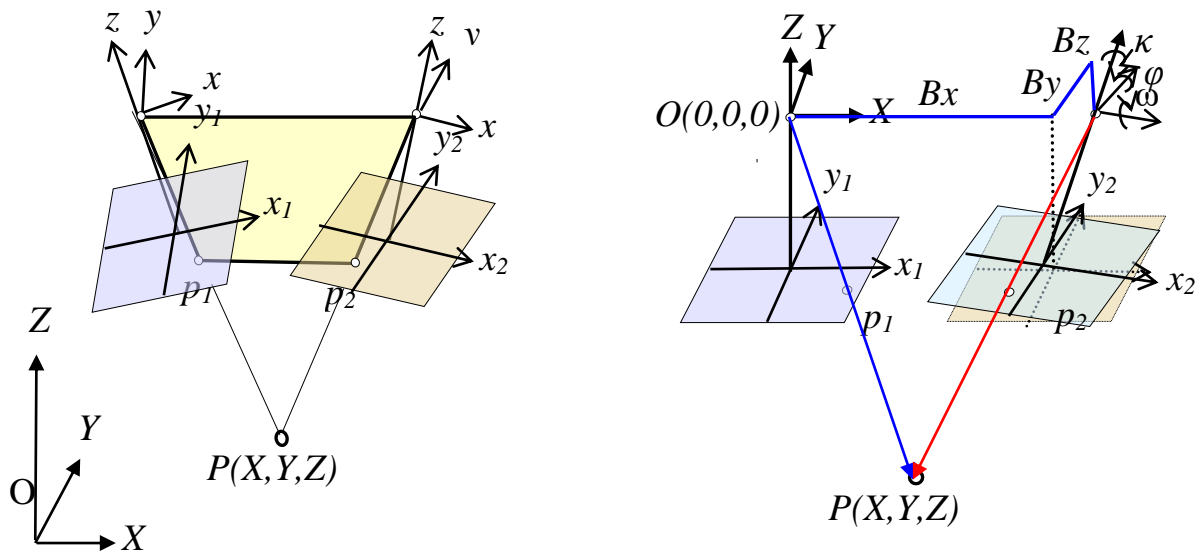
1.2.2 Các hệ tọa độ trong không gian vật

(a) Hệ tọa độ không gian đo ảnh O-XYZ

Đây là hệ tọa độ được lựa chọn để giúp cho bài toán đo ảnh được đơn giản, hoặc là hệ tọa độ trung gian giữa hệ tọa độ không gian ảnh và không gian vật khác. Hệ O-XYZ được xây dựng như sau:

Gốc O được chọn bất kì, các trục tọa độ X, Y, Z cũng được chọn bất kì theo nguyên tắc hệ tọa độ vuông góc không gian Đề-Các.

Tuy nhiên trong những trường hợp cụ thể của bài toán đo ảnh, hệ tọa độ không gian đo ảnh được chọn ở dạng đặc biệt, thường gọi là tọa độ không gian mô hình.

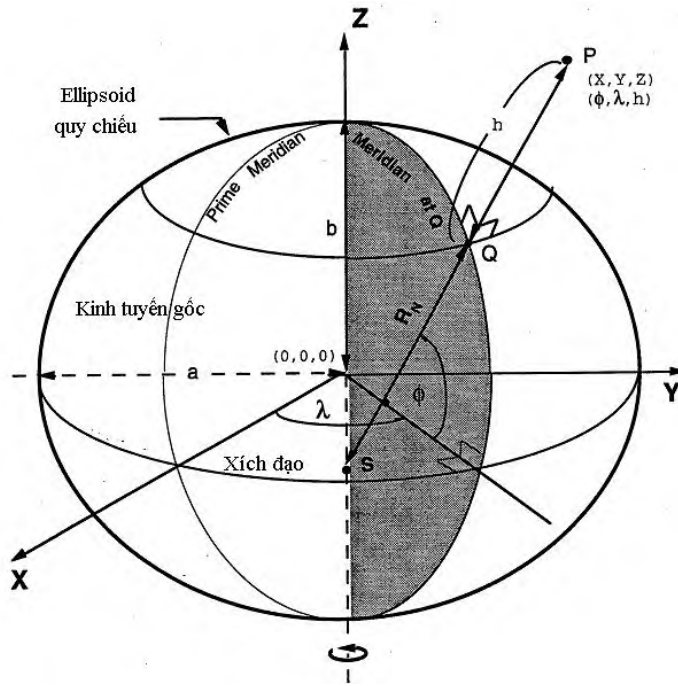


Hình 1.6 Hệ tọa độ không gian đo ảnh O-XYZ

(b) Các hệ tọa độ trắc địa và hệ tọa độ địa tâm

Các hệ tọa độ không gian đều phải dựa trên một Ellipsoid quy chiếu được định vị phù hợp với lãnh thổ, khu vực hoặc toàn cầu. Thông thường hiện nay trên thế giới sử dụng elipxoid quy chiếu WGS 84 của Mỹ công bố với các thông số:

- + Bán trục lớn $a = 6378137,0$ (m);
- + Bán trục nhỏ $b = 6356752,3141$ (m);
- + Độ dẹt $f = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,257223563}$;
- + Tốc độ quay quanh trục $\omega = 7292115,0 \times 10^{-11}$ (rad/s);
- + Hằng số trọng trường trái đất $GM = 3986005 \times 10^8$ (m^3s^{-2});



Hình 1.7 Hệ tọa độ trắc địa và hệ tọa độ địa tâm

* Hệ tọa độ trắc địa BLh được chọn như sau:

- Kinh tuyến gốc: thường chọn đi qua đài thiên văn Greenwich;
- Độ kinh trắc địa của điểm bất kì L (có thể kí hiệu là λ) là góc kẹp giữa kinh tuyến gốc và kinh tuyến đi qua điểm đó trên mặt phẳng xích đạo.
- Độ vĩ trắc địa B (có thể kí hiệu là Φ) là góc kẹp giữa mặt phẳng xích đạo và phương pháp tuyến tại điểm đó với mặt ellipsoid.
- Độ cao trắc địa h là khoảng cách giữa điểm đó đến mặt ellipsoid tính theo phương pháp tuyến.

* Hệ tọa độ không gian địa tâm được chọn có thông số:

- Góc O trùng với trọng tâm hình học của ellipsoid quy chiếu (thường gần với tâm trái đất);
- Trục Z trùng với trục chính của ellipsoid tính theo đường bán trục nhỏ (hay trục quay của trái đất);
- Trục X là cát tuyến của kinh tuyến gốc và mặt phẳng xích đạo;
- Trục Y vuông góc với mặt phẳng OXZ theo nguyên tắc của hệ tọa độ Đề Các;

(c) Hệ tọa độ phẳng và độ cao quốc gia $O-X_G Y_G Z_G$

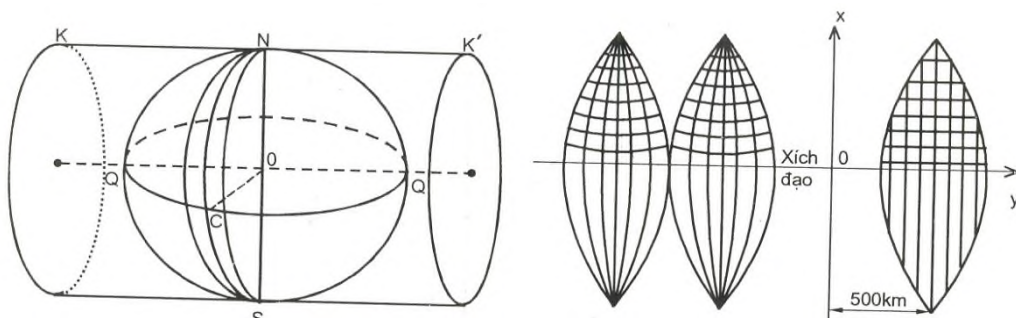
Trong đo ảnh có thể gọi chung là hệ tọa độ quốc gia. Hệ này gồm hệ tọa độ phẳng và hệ độ cao thủy chuẩn. Ở nước ta dùng hệ tọa độ phẳng VN2000 và hệ độ cao Hòn Dấu.

* Thông số của hệ tọa độ phẳng VN2000:

- Ellipsoid quy chiếu WGS84 được định vị phù hợp với lãnh thổ Việt Nam;
- Phép chiếu hình trụ ngang đồng góc UTM, với múi chiếu 6° ($k_0=0,9996$) cho bản đồ tỷ lệ 1/25000 đến nhỏ hơn, và múi chiếu 3° ($k_0=0,9999$) cho bản đồ tỷ lệ 1/10000 đến lớn hơn, cộng thêm 500km để cho giá trị tọa độ trục hoành (y) không bị âm;

- Điểm định vị N00 tại Viện Khoa học Đo đạc & Bản đồ, đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.

Trong đo ảnh kí hiệu là X_G, Y_G ;

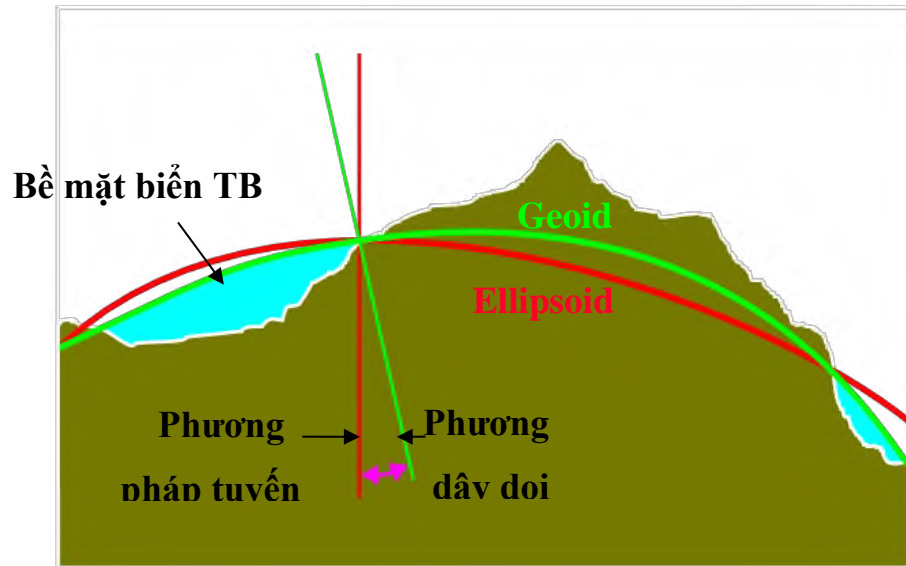


Hình 1.8 Hệ tọa độ phẳng quốc gia

* Hệ độ cao Hòn Dấu:

Điểm gốc độ cao 0,000m tính từ trạm nghiệm triều trên đảo Hòn Dấu – Hải Phòng, đây là mặt Geoid vật lý trung bình, cơ sở tính truyền độ cao thủy chuẩn cho toàn quốc.

Trong đo ảnh, kí hiệu là Z_G ;



Hình 1.9 Cơ sở tính hệ độ cao quốc gia

CHƯƠNG 2. THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN HỆ TỌA ĐỘ TRONG CÔNG NGHỆ UAV

2.1 THUẬT TOÁN TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ

Mục tiêu của việc bay chụp là xác định được hình dáng của khu đo. Muốn vậy, độ cao của điểm khống chế (base), độ cao tâm chụp cần phải xác định trong hệ độ cao Nhà nước. Khi bay chụp, cần phải nhập tọa độ của điểm trạm cơ sở tính trong hệ tọa độ WGS84 vào điều khiển UAV. Để đơn giản hoá việc tính chuyển tọa độ mà vẫn đảm bảo xác định được độ cao trong hệ độ cao Nhà nước coi độ cao thủy chuẩn của trạm cơ sở là độ cao trắc địa từ đó sẽ xác định được tọa độ của trạm cơ sở trong hệ tọa độ wgs84 với việc sử dụng 7 tham số tính chuyển được công bố bởi Bộ TNMT [3]. Thuật toán tính đổi tọa độ, tính chuyển tọa độ được trình bày dưới đây.

Các thông số của Elipsoid quy chiếu WGS84 được dùng trong tính chuyển gồm:

Bán trục lớn: $a=6378137m$;

Độ lệch tâm thứ nhất: $e^2=0.00669437999013$;

Độ dẹt: $a_f=1/298.257223563$;

Độ lệch tâm thứ 2 được tính: $e'^2 = \frac{e^2}{1-e^2}$

Tính đổi tọa độ phẳng x, y sang BL trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} B = B_1 - \frac{N_1 \operatorname{tg} B_1}{R_1} \left[\frac{D^2}{2} - \frac{D^4}{24} (5 + 3 \operatorname{tg}^2 B_1 + 10 C_1 - 4 C_1^2 - 9 e'^2) + \right. \\ \left. + \frac{D^6 (61 + 90 \operatorname{tg}^2 B_1 + 298 C_1 + 45 \operatorname{tg}^4 B_1 - 252 e'^2 - 3 C_1^2)}{720} \right] \\ L = L_0 + \operatorname{sec} B_1 \left[\frac{D^3}{6} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B_1 + C_1) + \right. \\ \left. + \frac{D^6}{120} (5 - 2 C_1 + 28 \operatorname{tg}^2 B_1 - 3 C_1^2 + 8 e'^2 + 24 \operatorname{tg}^4 B_1) \right] \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

L_0 là kinh tuyến trung ương của múi chiếu;

$$B_1 = m_u + \left(\frac{3a_1}{2} - \frac{27a_1^3}{32} \right) \sin 2m_u + \left(\frac{21a_1^2}{16} - \frac{55a_1^4}{32} \right) \sin 4m_u + \frac{151a_1^3 \sin 6m_u}{96}$$

$$a_1 = \frac{1 - \sqrt{1 - e^2}}{1 + \sqrt{1 - e^2}}$$

$$m_u = \frac{x}{k_0} \times \frac{1}{a \left(1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{5}{256}e^6 \right)}$$

$$N_1 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_1}}$$

$$C_1 = e'^2 \cos^2 B_1$$

$$R_1 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B_1)^{3/2}}$$

$$D = \frac{y - 500000}{k_0 N_1}$$

Tính đổi BL sang x, y trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} x = k_0 \left[X_B + \frac{l^2}{4} N \sin 2B (1 + A_1^x l^2 + A_2^x l^4) \right] \\ y = k_0 l N \cos B (1 + A_1^y l^2 + A_2^y l^4) + 500000 \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

k_0 là hệ số biến dạng múi chiếu ($k_0=0,9999$ cho múi 3⁰)

$$l = L - L_0; \quad \eta = e' \cos B; \quad N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$$

$$A_1^x = \frac{\cos^2 B (5 - \operatorname{tg}^2 B + 9\eta^2 + 4\eta^4)}{12}$$

$$A_2^x = \frac{\cos^4 B (61 - 58 \operatorname{tg}^2 B + \operatorname{tg}^4 B)}{360}$$

$$A_1^y = \frac{\cos^2 B (1 - \operatorname{tg}^2 B + \eta^2)}{6}$$

$$A_2^y = \frac{\cos^4 B (5 - 18tg^2 B + tg^4 B + 14\eta^2 - 58tg^2 B\eta^2)}{120}$$

X_B là chiều dài cung kinh tuyến theo vĩ độ B tính theo công thức:

$$\begin{cases} X_B = a(1 - e^2)(A_1 B - A_2 \sin 2B + A_3 \sin 4B - \dots) \\ A_1 = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \dots \\ A_2 = \frac{3}{8}e^2 + \frac{15}{32}e^4 + \dots \\ A_3 = \frac{15}{256}e^4 + \dots \end{cases} \quad (3)$$

Về lý thuyết độ cao trắc địa $H=h+\zeta$, trong đó ζ là dị thường độ cao được tra cứu từ mô hình Geoid hoặc từ xử lý trọng lực. Tuy nhiên để phục vụ cho tính chuyển trạm cơ sở bay chụp UAV trong 1 phạm vi không lớn (có thể vài chục ha, hoặc vài trăm, đến vài ngàn ha) thì chênh cao thủy chuẩn và chênh cao trắc địa được coi là như nhau (hay bề mặt độ cao Geoid là phẳng), do vậy có thể coi ζ là một hằng số đại diện cho khu đo. Để thống nhất không có sự chênh lệch nên chọn ζ =chiều cao sào máy của trạm cơ sở, cũng dễ dàng chuyển đổi về độ cao thủy chuẩn mặt đất nhờ một hằng số là ζ ;

Tính đổi tọa độ địa lý BLH sang tọa độ địa tâm XYZ trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} X = (N + H)\cos B \cos L \\ Y = (N + H)\cos B \sin L \\ Z = [(1 - e^2)N + H]\sin B \end{cases} \quad (4)$$

Tính đổi tọa độ địa tâm XYZ sang tọa độ địa lý BLH trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} B = \arctan \left[\frac{Z(1 - a_f) + ae^2 \sin^3 \gamma}{(1 - a_f)(\sqrt{X^2 + Y^2} - ae^2 \cos^3 \gamma)} \right] \\ L = \arctan \left(\frac{Y}{X} \right) = \begin{cases} \text{if } L < 0 \text{ then } L = L + \pi \\ \text{if } L \geq 2\pi \text{ then } L = L - 2\pi \end{cases} \\ H = \cos B \sqrt{X^2 + Y^2} + Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó:

$$\gamma = \arctan \left[\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 - a_f + \frac{ae^2}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} \right) \right]$$

Tính chuyển tọa độ địa tâm XYZ từ hệ VN2000 sang WGS84 sử dụng 7 tham số tính chuyển [3]:

$$\begin{cases} \Delta X_0 = -191.90441429\text{m} \\ \Delta Y_0 = -39.30318279\text{m} \\ \Delta Z_0 = -111.45032835\text{m} \\ \omega_0 = -0.00928836'' \\ \psi_0 = 0.01975479'' \\ \varepsilon_0 = -0.00427372'' \\ k = 1.000000252906278 \end{cases} \quad (6)$$

Tính chuyển hệ địa tâm từ VN2000 sang WGS84:

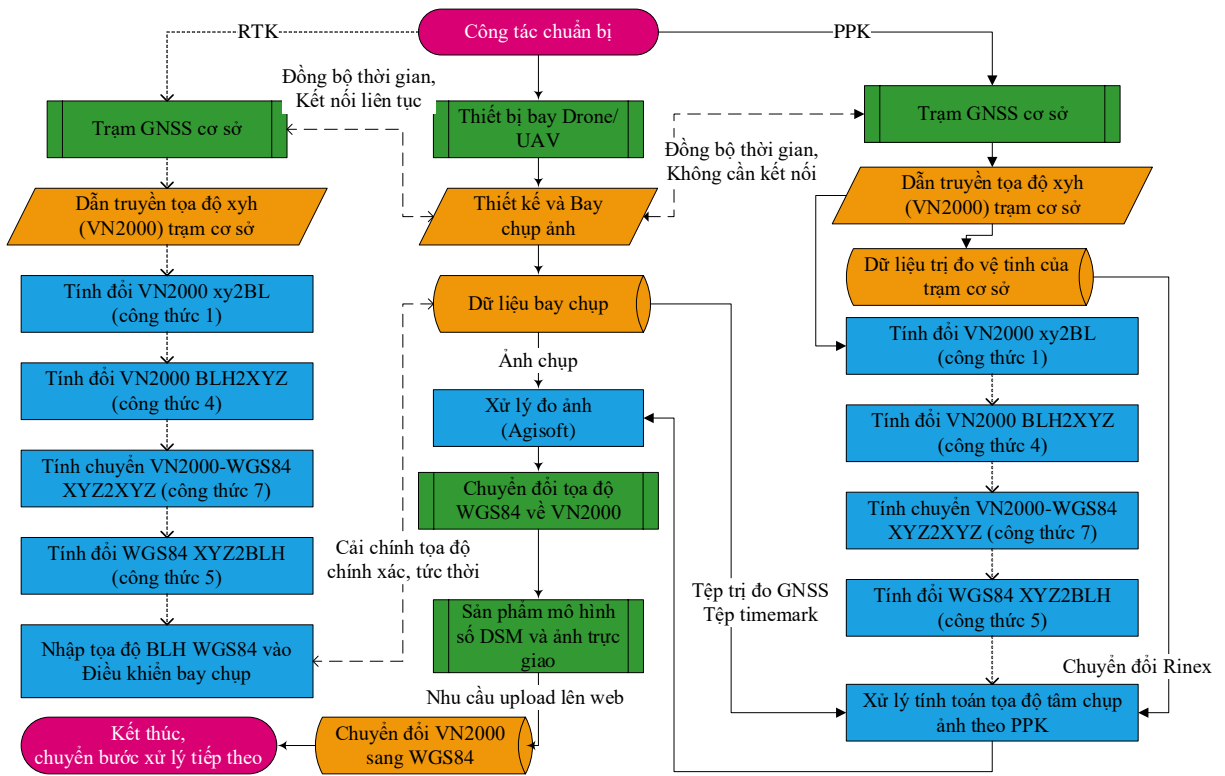
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{wgs84} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + k \begin{pmatrix} 1 & \varepsilon_0 & -\psi_0 \\ -\varepsilon_0 & 1 & \omega_0 \\ \psi_0 & -\omega_0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{vn2000} \quad (7)$$

Tính chuyển hệ địa tâm từ WGS84 sang VN2000:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{vn2000} = - \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + \frac{1}{k} \begin{pmatrix} 1 & -\varepsilon_0 & \psi_0 \\ \varepsilon_0 & 1 & -\omega_0 \\ -\psi_0 & \omega_0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{wgs84} \quad (8)$$

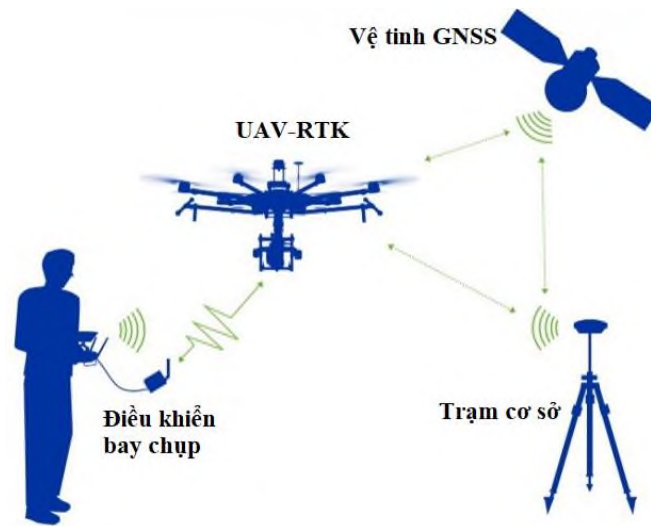
2.2 QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ

Trên cơ sở các thuật toán đã trình bày, trong thao tác xử lý chuyển đổi tọa độ được đề xuất trong quy trình công nghệ ở hình



Hình 2.1 Quy trình tính chuyển tọa độ dùng trong công nghệ UAV có định vị tâm chụp chính xác

Gần đây khi công nghệ định vị GNSS-RTK (định vị vệ tinh động thời gian thực) phát triển mạnh, cùng với việc xây dựng các điểm tham chiếu liên tục CORS hình thành mạng lưới cơ sở diện rộng thì việc định vị RTK độ chính xác cao giúp cho công việc đo đạc trở nên dễ dàng, thuận lợi hơn. Công nghệ bay chụp ảnh không người lái UAV ở những giai đoạn đầu khi chưa xác định được tâm chụp ảnh chính xác thì cần phải đánh dấu mốc và đo khống chế mặt đất phục vụ cho việc định vị bình sai khôi ảnh. Công việc này chiếm khá nhiều thời gian, công sức và ảnh hưởng đến cả chất lượng kỹ thuật của sản phẩm đo ảnh, dẫn đến hiệu quả sử dụng của ảnh UAV chưa cao. Việc áp dụng công nghệ định vị GNSS-RTK nhằm xác định tọa độ tâm chụp ngay tại thời điểm chụp ảnh giúp khôi ảnh vững chắc hơn, nâng cao độ chính xác cũng như giảm thiểu hoặc loại bỏ điểm khống chế ảnh mặt đất, trực tiếp nâng cao hiệu quả sử dụng của công nghệ đo ảnh UAV.



Hình 2.2 Hệ thống chụp ảnh UAV định vị tâm chụp bằng GNSS-RTK [heliguy.com]

Công tác thiết kế bay chụp cần được tiến hành trên hệ WGS84, trạm cơ sở được đo nối trong hệ VN2000 thì cần được tính chuyển sang WGS84 để phục vụ thiết kế.



Hình 2.3 Thiết kế bay chụp

Sau khi có kết quả bay chụp, thì công tác xử lý lại phải chuyển về hệ tọa độ quốc gia. Do vậy, công tác tính chuyển tọa độ là rất quan trọng và cần thiết.

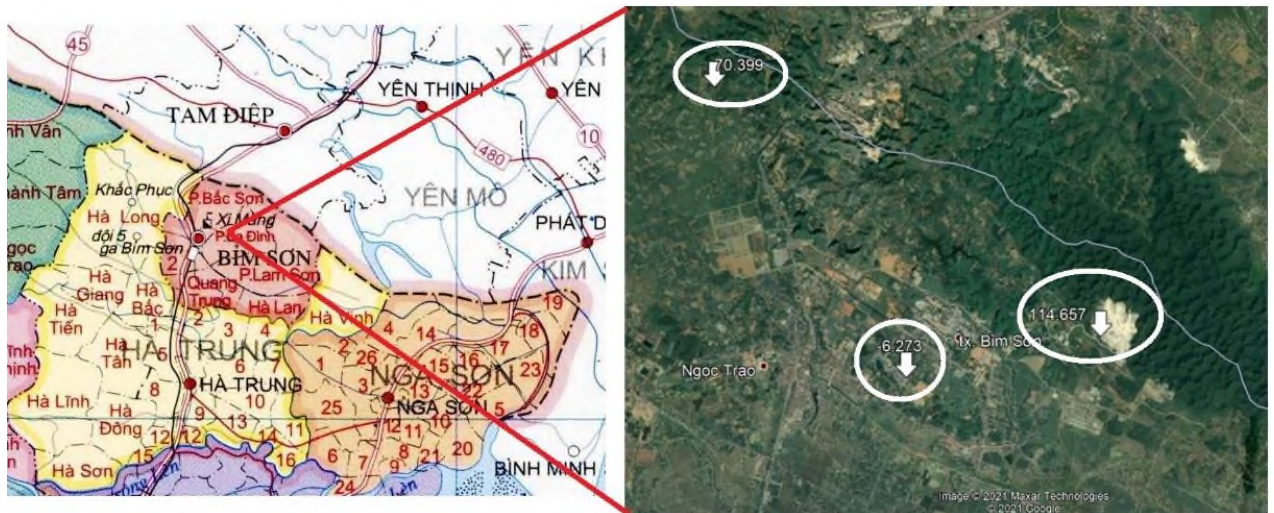
CHƯƠNG 3. THỰC NGHIỆM TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ

3.1 KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH

Khu vực nghiên cứu thuộc địa bàn thị xã Bim Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Thị xã Bim Sơn nằm ở phía bắc tỉnh Thanh Hoá, có vị trí địa lý: Phía đông giáp huyện Yên Mô, phía bắc giáp thành phố Tam Điệp, tỉnh Ninh Bình, phía nam giáp huyện Nga Sơn, các phía còn lại giáp huyện Hà Trung. Thị xã Bim Sơn nằm ở toạ độ $20^{\circ}18' - 20^{\circ}20'$ vĩ độ Bắc và $105^{\circ}55' - 106^{\circ}05'$ kinh độ Đông, Bim Sơn cách thủ đô Hà Nội 120 km về phía nam, cách thành phố Thanh Hóa 34 km về phía bắc, nằm trên mạng lưới giao thông vận tải thuận lợi với tuyến đường sắt Bắc - Nam, quốc lộ 1A chạy qua, tạo nên môi giao thương rộng lớn với các tỉnh trong vùng và các trung tâm kinh tế lớn của cả nước.

Tài nguyên khoáng sản của Bim Sơn có khoáng sản chủ yếu là đá vôi, đá sét. Trong đó: Đá vôi mỏ Yên Duyên: 3.000 triệu tấn, diện tích phân bố: 1000 ha; Đá phiến sét mỏ Cổ Đàm, trữ lượng 60 triệu tấn, diện tích phân bố: 200 ha; Sét xi măng (mỏ Tam Diên) trữ lượng 240 triệu tấn, diện tích phân bố: 200 ha; Đất san lấp (Thung Cón) trữ lượng: 3,5 triệu tấn, diện tích: 100 ha; Hai mỏ sét để sản xuất gạch ngói tại phường Đông Sơn trữ lượng 19 triệu tấn, diện tích 30 ha.

Khu vực chụp ảnh thực nghiệm là khu vực mỏ Cổ Đàm, Yên Duyên, Quyền Cây.

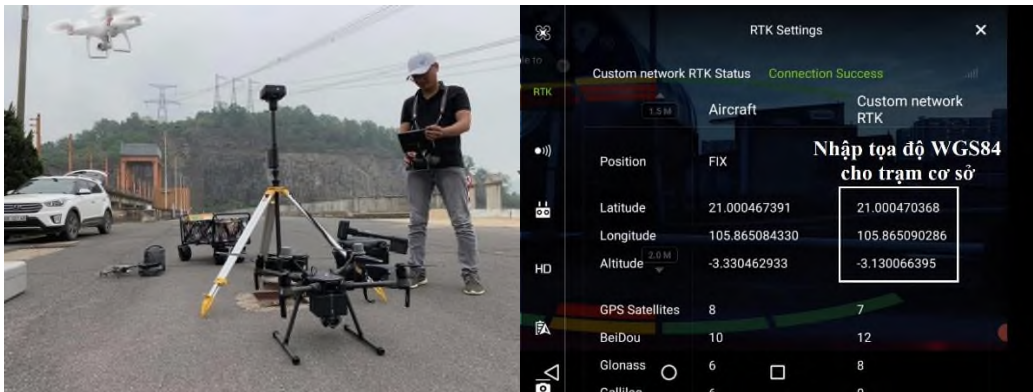


Hình 3.1 Vị trí thực nghiệm bay chụp ảnh UAV, thị xã Bim Sơn, Thanh Hóa

Trong khu vực nghiên cứu, việc bay chụp được tiến hành với máy bay không người lái Phantom 4RTK, phương pháp bay được lựa chọn là RTK. Các trạm cơ sở đều được truyền tọa độ trong hệ quốc gia VN2000, kinh tuyến trực $105^{\circ}00'$, múi chiếu 3° , hệ độ cao Hòn Dấu, Hải Phòng.

3.2 THU THẬP SỐ LIỆU

Số liệu ở khu vực nghiên cứu được thu thập gồm có: tọa độ trạm cơ sở được dẫn truyền tọa độ quốc gia, chiều cao của đầu thu trạm cơ sở so với mặt mốc, tư liệu bay chụp ảnh được định vị tọa độ tâm chụp theo phương pháp RTK và các số liệu đo RTK mặt đất ở các điểm kiểm tra.



Hình 3.2 Công tác bay chụp ảnh và cài đặt tọa độ (ảnh Quách Mạnh Tuấn)

Trong khu vực nghiên cứu có 3 vị trí tiến hành bay chụp, các thông số về dữ liệu chính của 3 khu vực này được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Số liệu thu thập được ở khu vực thực nghiệm

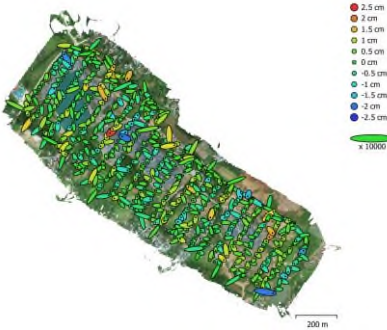
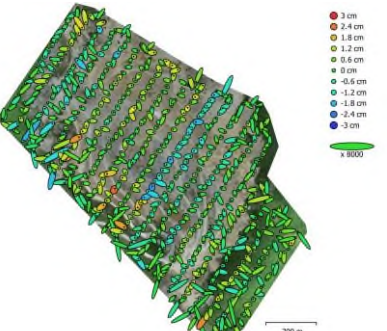
Vị trí	Tọa độ trạm cơ sở	Cao máy trạm cơ sở	Tư liệu chụp ảnh máy bay không người lái	Số liệu đo đạc thực địa
Cổ Đam	x=2221509.066m y=591575.836m h=14.781m H=16.581m	1.80m	Số ảnh: 506 GSD: 3.58cm H: 147m	RTK các điểm


Vị trí	Tọa độ trạm cơ sở	Cao máy trạm cơ sở	Tư liệu chụp ảnh máy bay không người lái	Số liệu đo đạc thực địa
			Diện tích: 1.03km ²	kiểm tra
Yên Duyên	x=2222373.588m y=595532.212m h=135.604m H=137.404m	1.80m	Số ảnh: 647 GSD: 4.89cm H: 198m Diện tích: 0.87km ²	RTK các điểm kiểm tra
Quyền Cây	x=2227374.746m y=587648.403m h=91.675m H=93.475m	1.80m	Số ảnh: 427 GSD: 3.97cm H: 162m Diện tích: 0.46km ²	RTK các điểm kiểm tra

3.3 KẾT QUẢ

Tại thực địa, số liệu tính chuyển trạm cơ sở được trình bày trong bảng 2. Sau khi bay chụp, tất cả các ảnh chụp của khối đều được định vị chính xác trong hệ WGS84 và chuyển đổi đồng bộ thống nhất về VN2000 trong quá trình xử lý ảnh. Khối ảnh được xử lý trên phần mềm Agisoft [1], được kiểm tra kỹ lưỡng đạt yêu cầu độ chính xác cho thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Độ chính xác đạt được của 3 khối ảnh Cỏ Đam, Yên Duyên, Quyền Cây sau bình sai đạt sai số trung phương trung bình đều nhỏ hơn 1 cm. Các số liệu kiểm tra độ chính xác vị trí điểm rõ nét trên thực địa đều nằm trong giới hạn cho phép.

Bảng 2. Thành quả bình đồ ảnh UAV và kết quả tính chuyển trạm cơ sở

Bình đồ ảnh và vị trí tâm ảnh	Tọa độ trạm cơ sở	
	VN2000-WGS84	WGS84-VN2000 Kiểm tra
<p>Cổ Đam</p> 	<p>VN2000</p> <p>x=2221509.066m y=591575.836m h=14.781m H=16.581m</p> <p>Tính chuyển WGS84</p> <p>B=20.08143334⁰ L=105.87748098⁰ H= -6.273m</p>	<p>WGS84</p> <p>B=20.08143334⁰ L=105.87748098⁰ H= -6.273m</p> <p>Tính chuyển VN2000</p> <p>x=2221509.066m y=591575.836m H=16.581m</p>
<p>Yên Duyệt</p> 	<p>VN2000</p> <p>x=2222373.588m y=595532.212m h=135.604m H=137.404m</p> <p>Tính chuyển WGS84</p> <p>B=20.08905039⁰ L=105.91535190⁰ H=114.657m</p>	<p>WGS84</p> <p>B=20.08905039⁰ L=105.91535190⁰ H=114.657m</p> <p>Tính chuyển VN2000</p> <p>x=2222373.588m y=595532.212m H=137.404m</p>
<p>Quyền Cây</p>	<p>VN2000</p> <p>x=2227374.746m y=587648.403m h=91.675m H=93.475m</p> <p>Tính chuyển</p>	<p>WGS84</p> <p>B=20.13460021⁰ L=105.84021442⁰ H= 70.400m</p> <p>Tính chuyển</p>

Bình đồ ảnh và vị trí tâm ảnh	Tọa độ trạm cơ sở	
	VN2000-WGS84	WGS84-VN2000 Kiểm tra
	WGS84 $B=20.13460021^0$ $L=105.84021442^0$ $H=70.400\text{m}$	VN2000 $x=2227374.746\text{m}$ $y=587648.403\text{m}$ $H=93.475\text{m}$

Để kiểm chứng độ chính xác tính đổi, tính chuyển hệ tọa độ, 3 tọa độ trạm cơ sở được tính độc lập, tính xuôi từ VN2000 sang WGS84 và tính ngược từ WGS84 về VN2000 theo các công thức đã trình bày. Kết quả của các lần tính độc lập nhau, đều cho kết quả trùng khít, không có sai số. Số liệu được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Số liệu tính đổi, tính chuyển tọa độ cho các trạm cơ sở ở khu thực nghiệm

Tính xuôi từ trên xuống	Cổ Đam	Yên Duyện	Quyền Cây	Tính ngược từ dưới lên
VN2000: xyh Số liệu vào	2221509.066 591575.836 14.781	2222373.588 595532.212 135.604	2227374.746 587648.403 91.675	Bước 4 VN2000: xy (công thức 2)
Bước 1 VN2000:BLH (công thức 1)	20.08242348 105.87561003 16.581	20.09004089 105.91348099 137.404	20.13558973 105.83834277 93.475	Bước 3 VN2000:BLH (công thức 5)
Bước 2 VN2000:XYZ (công thức 4)	-1639308.685 5764149.510 2176274.624	-1643069.978 5762895.320 2177108.124	-1635026.544 5763337.247 2181828.115	Bước 2 VN2000:XYZ (công thức 8)

Tính xuôi từ trên xuống	Cổ Đam	Yên Duyên	Quyền Cây	Tính ngược từ dưới lên
<i>Bước 3</i>	-1639501.332	-1643262.626	-1635219.190	<i>Bước 1</i>
<i>WGS84:XYZ</i>	5764111.532	5762857.342	5763299.269	<i>WGS84:XYZ</i>
<i>(công thức 7)</i>	2176163.827	2176997.327	2181717.320	<i>(công thức 4)</i>
<i>Bước 4</i>	20.08143334	20.08905039	20.13460021	<i>WGS84:BLH</i>
<i>WGS84:BLH</i>	105.87748098	105.91535190	105.84021442	<i>Số liệu vào</i>
<i>(công thức 5)</i>	-6.273	114.657	70.400	

3.4 THẢO LUẬN

Với kết quả của tọa độ trạm base được tính chuyển thống nhất làm cơ sở toán học cho việc xác định tọa độ tâm ảnh chính xác, đồng bộ với số liệu đo mặt đất. Công tác tính chuyển tọa độ này giúp cho giảm thiểu tính toán lại cho các tâm chụp (dịch chuyển theo 3 chiều). Các công thức đã trình bày được kiểm chứng chính xác, độc lập cho độ chuẩn xác cao.

KẾT LUẬN

Công tác tính chuyển tọa độ trạm cơ sở giúp đồng bộ hóa trị đo mặt đất và tọa độ định vị tâm chụp ảnh, giúp giảm thiểu quá trình tính toán trong phòng nhất là phương pháp bay RTK cho UAV, còn giúp cho phương pháp xử lý PPK cũng được thống nhất. Các thuật toán thông qua các công thức đã trình bày là chính xác, quy trình công nghệ trình bày ở hình 3 giúp cho người dùng chủ động trong công tác xử lý tính chuyển tọa độ được chính xác, và là cơ sở để phát triển ứng dụng trên di động và máy tính để bàn, trợ giúp cho công tác bay chụp UAV với mục đích thành lập bản đồ độ chính xác cao.

Khuyến nghị các đơn vị có thể nghiên cứu để xây dựng ứng dụng tính chuyển tọa độ dành riêng cho công tác bay chụp UAV và các sản phẩm từ công nghệ này, giúp đẩy nhanh quá trình số hóa độ chính xác cao trong thời đại công nghiệp 4.0.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Agisoft LLC, 2018. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.5. Available at: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf. Accessed 18 July 2020.
- [2] Dji, 2020. Phantom 4 RTK User Manual ver 2.2.
- [3] Quyết định số 05/2007/QĐ-BTNMT ngày 27/02/2007 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về sử dụng hệ thống tham số tính chuyển giữa hệ tọa độ quốc tế WGS84 và Hệ tọa độ quốc gia VN2000.
- [4] US Army Corps of Engineers (1996), Handbook for Transformation of Datums, Projection, Grid and Common Coordinate System.
- [5] Trần Trung Anh, Quách Mạnh Tuấn, 2020. Phân tích lựa chọn chế độ định vị tâm chụp chính xác của máy bay không người lái trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020).