

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP ĐO GNSS TƯƠNG ĐỐI ĐỘNG VỚI
TRẠM THAM CHIẾU ẢO**

Hà Nội , 6/2021

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP ĐO GNSS TƯƠNG ĐỐI ĐỘNG VỚI
TRẠM THAM CHIẾU ẢO**

Trưởng nhóm nghiên cứu:

Nguyễn Tiến Duy

Thành viên tham gia thực hiện:

Nguyễn Thị Vân Anh

Đào Quang Đông

Nguyễn Kiều Trang

Người hướng dẫn:

TS Dương Thành Trung

Hà Nội, 6/2021

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ GNSS VÀ UAV	2
1.1 Tổng quan về hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GNSS)	2
1.1.1 Khái niệm	2
1.1.2 Ứng dụng của GNSS	2
1.1.3 Cấu trúc chung của một hệ thống GNSS	4
1.1.4 Cách thức hoạt động của hệ thống GNSS	5
1.1.5 Các loại trị đo sử dụng trong công nghệ GNSS	6
1.1.6 Các nguồn sai số trong định vị vệ tinh	9
1.1.7 Một số ứng dụng của định vị vệ tinh trong trắc địa.....	14
1.2. Tổng quan về UAV.....	18
CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU GIẢI PHÁP ĐO GNSS TƯƠNG ĐỐI ĐỘNG(PPK) SỬ DỤNG TRẠM THAM CHIẾU ẢO(VRS).....	24
2.1 Các phương pháp đo GNSS	24
2.1.1 Định vị tuyệt đối (SSP).....	24
2.1.2 Định vị tương đối	25
2.1.3 Phương pháp đo động và công nghệ PPK.....	27
2.2 Công nghệ trạm CORS (Continuously Operation Reference Station)	28
2.2.1 Khái niệm trạm CORS	28
2.2.2 Hiện trạng về xây dựng trạm CORS ở Việt Nam.....	29
2.3 Giải pháp VRS PPK cho UAV	30
CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ PPK VRS CHO UAV BẰNG PHẦN MỀM AIPOS	32
3.1 Đặc điểm khu vực nghiên cứu	32
3.2.1 Quy trình công nghệ VRS PPK cho UAV	33
3.2.2. Thực hiện đánh giá kết quả.....	35
Kết luận	37
TÀI LIỆU THAM KHẢO	37

MỞ ĐẦU

1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu

Ngày nay công nghệ máy bay không người lái (UAV) sử dụng rộng rãi trong công tác Trắc địa-Bản đồ, phục vụ công tác đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính. Phương pháp định vị động xử lý sau dựa trên hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (GNSS PPK) được áp dụng phổ biến để xác định tọa độ tâm của ảnh chụp. Với phương pháp này, thông thường, một trạm cơ sở (Base) vật lý đặt tại một điểm mốc không chế được lắp đặt để thu dữ liệu GNSS cùng thời điểm với UAV. Số liệu thu được từ trạm Base và UAV sau đó được kết hợp, xử lý bằng phần mềm chuyên dụng để cho ra tọa độ tâm chụp của các ảnh UAV với độ chính xác cỡ centimet.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các trạm Base ảo thay cho Base vật lý dựa trên hệ thống mạng lưới trạm tham chiếu liên tục Quốc gia (VNGEONET CORS). Bản chất của phương pháp này là dựa trên công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) được cung cấp bởi VNGEONET CORS.

Mục tiêu của đề tài

- Đánh giá được khả năng ứng dụng thực tế của phương pháp đo GNSS tương đối động(PPK) sử dụng trạm tham chiếu ảo (VRS)

2. Nội dung nghiên cứu đề tài

- Giới thiệu chung về GNSS và UAV
- Giới thiệu giải pháp đo GNSS tương đối động(PPK) sử dụng trạm tham chiếu ảo (VRS)
- Thực nghiệm sử dụng công nghệ PPK VRS cho UAV bằng phần mềm AIPOS

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ GNSS VÀ UAV

1.1 Tổng quan về hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GNSS)

1.1.1 Khái niệm

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) là tên gọi chung cho các hệ thống định vị toàn cầu sử dụng vệ tinh như: GPS (Hoa Kỳ), Hệ thống định vị GALILEO (Liên minh châu Âu), GLONASS (Nga), Hệ thống định vị Bắc Đẩu (Trung Quốc) ... [11]

Một số GNSS tiêu biểu:

- Hệ thống GPS (Hoa Kỳ)
- Hệ thống GLONASS (Nga)
- Hệ thống GALILEO (Liên minh châu Âu)
- Hệ thống Bắc Đẩu (Trung Quốc)

Ngoài ra còn một số hệ thống định vị vệ tinh khu vực:

- Hệ thống vệ tinh tựa thiên đỉnh QZSS của Nhật Bản
- Hệ thống vệ tinh dẫn đường khu vực Ấn Độ (IRNSS)

1.1.2 Ứng dụng của GNSS

GNSS được sử dụng cho vô số các ứng dụng khác nhau. Ngày nay rất dễ dàng nhận thấy sự hiện diện của GNSS trong mọi mặt của đời sống. Kết hợp giữa công nghệ thông tin, hệ thống bản đồ số và thiết bị định vị vệ tinh đã tạo thành một hệ thống dẫn đường lý tưởng. Trong lĩnh vực hàng không, 100% các máy bay thương mại và quân sự sử dụng hệ thống dẫn đường tự động bằng GNSS.

Trong giao thông, hệ thống giám sát dẫn đường và điều khiển giao thông cũng đã khai thác tuyệt đối thế mạnh của GNSS đã trở thành một hợp phần không thể thiếu trong công nghiệp ô tô, chẳng hạn như hệ thống định vị dẫn đường trong các thương hiệu xe hơi nổi tiếng như Mercedes, BMW, Porsche, Maybach, Cadillac, Audi, Roll Royce...

Trong ngành đo đạc bản đồ, sự xuất hiện của GNSS đã thay đổi hoàn toàn phương pháp đo đạc truyền thống, không phụ thuộc vào thời tiết, không bị giới hạn bởi khoảng cách, giảm tối đa yêu cầu về nhân lực lao động.

Với công nghệ GNSS, người sử dụng có được thông tin vị trí hiện tại, hướng di chuyển, độ cao hiện thời. Cá nhân cũng dễ dàng mang theo loại máy thu GNSS nhỏ cũng có thể lắp ghép cùng điện thoại di động để biết được vị trí mình đang đứng hay có thể theo dõi cả độ cao khi leo núi.

Các ứng dụng trên biển bao gồm đo vẽ bản đồ, công cụ dẫn đường hàng hải trên biển lý tưởng và công tác tìm kiếm, cứu hộ ngoài khơi xa cũng sẽ có hiệu quả hơn nhờ được nâng cao độ chính xác việc dẫn hướng đường đi.

Ứng dụng chủ yếu của GNSS trong thám hiểm không gian bao gồm việc định vị và định hướng bay của các phương tiện không gian khác có mang theo những máy thu phát địa lý hoặc trắc địa.

Trong lĩnh vực nghiên cứu địa động, GNSS thực hiện các vai trò: quan trắc chuyển dịch mảng và phân tích biến dạng trên phạm vi toàn cầu và các châu lục, quan trắc và phân tích chuyển dịch vỏ Trái đất trên phạm vi khu vực, theo dõi chuyển dịch và biến động trên phạm vi cục bộ.

Các ứng dụng cho quân đội bao gồm dẫn hướng hàng không, hàng hải và trên bộ. Ngoài ra, các vệ tinh của GNSS còn mang theo các bộ thu phát để khám phá và hiển thị các vụ nổ hạt nhân.

Một ứng dụng nữa của GNSS chính là việc quản lý thú hoang dã bằng cách gắn lên chúng những con chip đã tích hợp GNSS. Tất cả hoạt động của chúng sẽ được kiểm soát chặt chẽ. Việt Nam cũng đang tiến hành thử nghiệm để áp dụng vào việc quản lý đàn sếu đầu đỏ ở miền Tây...

Tại Việt Nam, GNSS từ lâu đã được ứng dụng cho các công việc kiểm lâm, cứu nạn. Tuy nhiên các hệ thống mới chỉ dừng ở mức độ thu nhận thông tin về kinh độ, vĩ độ và cao độ, chưa triển khai ứng dụng trong lĩnh vực thiết bị dẫn đường vì chưa

được tích hợp bản đồ số Việt Nam. Thời gian gần đây, việc tạo lập bản đồ số đã có kết quả và trên thị trường xuất hiện một số thiết bị dẫn đường dành cho ô tô trong giai đoạn vừa thăm dò vừa hoàn thiện sản phẩm.

1.1.3 Cấu trúc chung của một hệ thống GNSS

Hệ thống GNSS bao gồm 3 bộ phận cấu thành [11], đó là:

- Đoạn không gian (Space Segment)
- Đoạn điều khiển (Control Segment)
- Đoạn sử dụng (Use Segment)

1.1.3.1 Đoạn không gian

Đặc điểm:

Gồm các vệ tinh hoạt động bằng năng lượng mặt trời, bay trên quỹ đạo. Tùy theo hệ thống vệ tinh mà đoạn không gian của các hệ thống này có những đặc điểm khác nhau về số lượng, hình dạng quỹ đạo, chu kì, trọng lượng, độ cao bay của vệ tinh.

Nhiệm vụ:

Ghi nhận và lưu trữ các thông tin truyền đi từ phần điều khiển.

Thay đổi quỹ đạo bay của vệ tinh theo sự điều khiển của phần điều khiển.

Chuyển tiếp thông tin đến người dùng.

1.1.3.2 Đoạn điều khiển

Đặc điểm:

Đoạn điều khiển bao gồm các trạm điều khiển trung tâm và các trạm theo dõi.

Các trạm theo dõi liên tục thu tín hiệu vệ tinh, xử lý tín hiệu sơ bộ và truyền về trạm trung tâm.

Trạm điều khiển trung tâm xử lý tín hiệu từ các trạm theo dõi, sau đó lại truyền dữ liệu đã được xử lý trở lại các trạm theo dõi và cuối cùng chuyển đến vệ tinh.

Nhiệm vụ:

Đoạn điều khiển có vai trò rất quan trọng vì nó vừa điều khiển, theo dõi, quan sát các vệ tinh, liên tục cập nhật các thông tin đạo hàng và chính xác hóa các thông tin đó. Thông qua đoạn điều khiển, chúng ta có tọa độ chính xác của các vệ tinh được cung cấp thông qua lịch vệ tinh.

Đoạn điều khiển có chức năng điều khiển đoạn không gian, cập nhật các thông tin của đoạn không gian, xử lý dữ liệu sau đó chuyển lên đoạn không gian,

1.1.3.3 Đoạn sử dụng

Đặc điểm:

Đoạn sử dụng bao gồm tất cả các máy thu GPS, nhiều nhóm sử dụng với nhiều chủng loại máy thu khác nhau.

Máy thu là phần cứng quan trọng trong đoạn sử dụng. Nhờ các tiến bộ kỹ thuật trong lĩnh vực điện tử, viễn thông và kỹ thuật thông tin tín hiệu số, các máy thu ngày một hoàn thiện. Một số hãng chế tạo còn cho ra các máy thu đa hệ, có thể đồng thời thu tín hiệu từ các vệ tinh GPS, vệ tinh GLONASS và vệ tinh GALILEO, vv....

Nhiệm vụ:

Các máy thu hoạt động để thu tín hiệu vệ tinh phục vụ cho các mục đích khác nhau như dẫn đường trên biển, trên đất liền, và phục vụ cho công tác đo đạc ở nhiều nơi trên thế giới.

1.1.4 Cách thức hoạt động của hệ thống GNSS

Các vệ tinh của GNSS bay vòng quanh trái đất hai lần trong một ngày theo một quỹ đạo rất chính xác và phát tín hiệu có thông tin xuống trái đất.

Các máy thu GNSS nhận thông tin này và bằng các phép tính lượng giác, máy thu có thể tính được vị trí của người dùng và hiển thị lên bản đồ điện tử của máy tính. Máy thu GNSS phải bắt được với tín hiệu của ít nhất ba vệ tinh để tính ra vị trí hai chiều (kinh độ và vĩ độ) và để theo dõi được chuyển động. Với bốn hay

nhiều hơn số vệ tinh trong tầm nhìn thì máy thu có thể tính được vị trí ba chiều (kinh độ, vĩ độ và độ cao).

Một khi vị trí người dùng đã tính được thì máy thu GPS có thể tính các thông tin khác, như tốc độ, hướng chuyển động, bám sát di chuyển, khoảng hành trình, quãng cách tới điểm đến, thời gian mặt trời mọc, mặt trời lặn và nhiều thứ khác nữa. [11]

1.1.5 Các loại trị đo sử dụng trong công nghệ GNSS

1.1.5.1 Trị đo khoảng cách giả theo mã

Trong phương pháp đo khoảng cách 1 chiều, cần sử dụng 2 đồng hồ, một ở trạm phát (vệ tinh) và một ở trạm thu (máy thu) để xác định Δt .

Với $\Delta t = T_r - T^S$, trong đó T^S và T_r là thời điểm vệ tinh phát tín hiệu và máy thu nhận tín hiệu.

Do sự không đồng bộ của đồng hồ vệ tinh và đồng hồ máy thu cho nên khoảng cách đo được luôn chứa sai số đồng hồ đo, sai số này có thể khá lớn (phụ thuộc vào sự không đồng bộ giữa đồng hồ vệ tinh và đồng hồ máy thu), chính vì thế người ta gọi khoảng cách đo được là khoảng cách giả (Pseudorange).

Khoảng cách giả theo mã từ vệ tinh j đến máy thu i có thể biểu diễn bằng công thức sau (1):

$$R_i^j(t) = \rho_i^j(t) + c \cdot \delta_i - c \cdot \delta^j(t) + \frac{40,3TEC}{f^2} + T_i^j + \dots \quad (1)$$

Trong đó:

$R_i^j(t)$ - trị đo khoảng cách giả theo mã (lấy từ tệp thông tin trị đo).

$\rho_i^j(t)$ - khoảng cách hình học giữa vệ tinh j với máy thu i ;

δ_i - sai số đồng hồ máy thu j ;

δ^j - sai số đồng hồ vệ tinh i ;

$\frac{40,3TEC}{f^2}$ - sai số do ảnh hưởng của tầng điện ly;

T_i^j – sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu;

c – vận tốc truyền sóng ánh sáng trong môi trường chân không,

$c = 299792458\text{m/s}$;

với $\rho_i^j(t) = c.(t_i - t^j) = c.\Delta t$

t^j, t_i là thời điểm vệ tinh phát tín hiệu và máy thu nhận tín hiệu trong hệ thống giờ GPS.

Để xác định khoảng cách giả theo tín hiệu code chúng ta phải so sánh tín hiệu code từ vệ tinh phát đi và tín hiệu code do máy thu nhận được. Vì khoảng cách giả được xác định 1 chiều nên không thể so sánh hai tín hiệu code đó. Do vậy máy thu sẽ tạo ra 1 bản sao mã code và so sánh mã code đó với mã code mà máy thu nhận được từ vệ tinh.

Độ chính xác của khoảng cách giả theo tín hiệu code phụ thuộc vào các trị đo code và thông thường là khoảng 1% độ dài chip. Như vậy độ chính xác đo khoảng cách đạt được trong khoảng 3m nếu sử dụng C/A code và khoảng 0,3m nếu sử dụng P-code. Gần đây nhờ tiến bộ kỹ thuật, người ta có thể đạt độ chính xác cỡ 0,1% độ dài chip.

Các trị đo khoảng cách giả theo code chủ yếu được sử dụng trong định vị tuyệt đối, tuy nhiên nó chịu ảnh hưởng khá lớn của nhiễu cố ý khi phía Mỹ thực thi chính sách SA và bị ảnh hưởng bởi môi trường lan truyền tín hiệu. Trong định vị chính xác hoặc trong định vị tương đối, người ta sử dụng khoảng cách giả theo code được làm trơn phối hợp cùng với các trị đo pha sóng tải [1].

1.1.5.2 Trị đo pha sóng tải

Quan trắc pha được thực hiện dựa trên sự khác nhau giữa pha tín hiệu vệ tinh nhận được và pha tạo ra bởi máy thu trong các thời điểm đo t . Trong trị đo pha chứa 2 đại lượng quan trọng: thứ nhất là số nguyên lần (N) bước sóng tải chưa xác

định, còn gọi là số nguyên đa trị, thứ hai là tích lũy tần số Doppler, tương ứng với tổng các đại lượng Doppler cùng với việc đo phần thập phân (phần lẻ) của pha sóng tải.

Trị đo pha sóng tải từ vệ tinh j đến máy thu k tại thời điểm t trong hệ thống giờ GPS (coi các nguồn sai số thay đổi theo thời gian và không gian, phụ thuộc vào t và xét cho từng vệ tinh), được thể hiện qua biểu thức:

$$\phi_k^j = \frac{1}{\lambda} \rho_k^j(t) + f^j [\delta_k(t) - \delta^j(t)] + N_k^j - \delta I_k^j(t) + \delta T_j^j(t) + \dots \quad (2)$$

Trong đó:

ρ_k^j - khoảng cách hình học giữa vệ tinh j và máy thu k tại đúng thời gian t

λ - bước sóng tải (là λ_1, λ_2 tương ứng với sóng tải L1, L2)

$f^j(t)$ - tần số sóng tải (là f_1, f_2 tương ứng với sóng tải L1, L2)

$\delta_k(t)$ - sai số đồng hồ máy thu

$\delta^j(t)$ - sai số đồng hồ vệ tinh

N_k^j - số nguyên đa trị ở thời điểm thực hiện trị đo pha đầu tiên.

$\delta I_k^j(t); \delta T_j^j(t)$ là sai số do ảnh hưởng của tầng điện ly và tầng đối lưu.

Trong biểu thức trị đo pha bao giờ cũng có thêm một ẩn số là số nguyên đa trị N_k^j , là số chẵn lần bước sóng chưa xác định, được coi là không đổi trong suốt thời gian đo pha. Để đảm bảo được yêu cầu này, máy thu phải liên tục theo dõi vệ tinh. Nếu vì một lí do nào đó, tín hiệu từ vệ tinh đến máy thu bị gián đoạn tạm thời, sẽ xảy ra hiện tượng trượt chu kì mà thực chất là làm thay đổi số nguyên đa trị trong trị đo pha. Trượt chu kì có thể làm thay đổi 1 vài đơn vị (chu kì bước sóng), nhưng cũng có thể làm thay đổi tới hàng trăm, hàng ngàn đơn vị.

Với kỹ thuật đo pha hiện nay, có thể xác định chính xác tới cỡ 1% chu kỳ bước sóng tải, tức là đạt độ chính xác cỡ 2mm (bước sóng $\lambda \sim 20\text{cm}$). Trong tương lai, độ chính xác đo pha còn có thể được nâng cao hơn.

1.1.5.3 Các trị đo Doppler

Sự thay đổi vị trí tương đối giữa nguồn phát sóng (máy phát) và nguồn thu tín hiệu (người quan sát) sẽ làm thay đổi tần số tín hiệu nhận được so với tín hiệu có tần số chuẩn đã khác đi. Đó chính là hiệu ứng Doppler đối với sóng điện từ.

Phương pháp quan sát vệ tinh bằng hiệu ứng Doppler đã được sử dụng khá rộng rãi do thiết bị quan sát đơn giản, gọn nhẹ, đồng thời vẫn đảm bảo độ chính xác yêu cầu trong công tác đo đạc hàng. Độ chính xác đo biến đổi khoảng cách bằng hệ thống Doppler có thể đạt cỡ 0,03 m/s.

Bằng kỹ thuật Doppler, trong các năm 1987 – 1988 ở Việt Nam đã xây dựng mạng lưới Doppler vệ tinh gồm 14 điểm trên đất liền và 5 điểm trên các đảo Trường Sa, Đá Lát, Thổ Chu, Côn Đảo, Phú Quốc.

1.1.6 Các nguồn sai số trong định vị vệ tinh

Trong định vị vệ tinh, các nguồn sai số được chia thành 3 nhóm [11]: sai số do vệ tinh, sai số do sự lan truyền tín hiệu và sai số liên quan đến máy thu.

Bảng 1: Các nguồn sai số trong định vị vệ tinh

TT	Nhóm sai số	Gồm các nguồn sai số
1	Sai số phụ thuộc vào vệ tinh	Sai số đồng hồ vệ tinh
		Sai số quỹ đạo vệ tinh
		Nhiều cố ý SA
2	Sai số phụ thuộc vào sự lan truyền tín hiệu	Sai số do tầng điện ly
		Sai số do tầng đối lưu
		Sai số do đa đường dẫn
3	Sai số liên quan tới máy thu	Sai số do đồng hồ máy thu
		Sai số do lệch tâm pha anten
		Sai số do sự không ổn định phần cứng của máy thu

Ngoài 3 nhóm nguồn sai số này còn có các sai số do người đo ảnh hưởng đến kết quả đo GPS như: cân bằng máy, đo cao anten, đặt nhầm điểm...

1.1.6.1 Sai số phụ thuộc vào vệ tinh

Sai số liên quan đến vệ tinh bao gồm ba nguồn sai số chính đó là: sai số đồng hồ vệ tinh, sai số quỹ đạo vệ tinh và nhiễu cố ý SA.

Sai số đồng hồ vệ tinh:

- Sai số đồng hồ vệ tinh trực tiếp gây ra sai số trong xác định thời gian. Trong đo khoảng cách bằng sóng ánh sáng hay sóng điện từ, sai số thời gian ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác khoảng cách đo.

- Cách khắc phục:

+ Đối với định vị tuyệt đối khoảng cách giả, sai số đồng hồ vệ tinh được hiệu chỉnh vào khoảng cách giả trước khi sử dụng chúng để giải bài toán định vị.

Sai số đồng hồ vệ tinh được xác định nhờ vào đa thức đồng hồ vệ tinh được cung cấp theo lịch vệ tinh, do đó tính được số hiệu chỉnh của đồng hồ vệ tinh.

+ Trong định vị tương đối, để loại bỏ ảnh hưởng do sai số đồng hồ vệ tinh gây ra, người ta sử dụng phương trình sai phân bậc nhất của các trị đo pha từ hai trạm quan sát đến cùng một vệ tinh.

Sai số quỹ đạo vệ tinh:

- Sai số do quỹ đạo vệ tinh gây ra được hiểu là khi ta tính được tọa độ của vệ tinh nhưng lại không đúng với tọa độ thật của nó (chứa sai số khoảng 2,5m) đó chính là sai số quỹ đạo vệ tinh hay sai số lịch vệ tinh.

- Cách khắc phục

+ Trong định vị tuyệt đối, sai số này gần như ảnh hưởng trọn vẹn đến kết quả định vị vệ tinh tuyệt đối.

+ Trong định vị tương đối sai số này được giảm thiểu đáng kể do ảnh hưởng của sai số do quỹ đạo vệ tinh gây ra là như nhau nên có thể loại trừ.

+ Ảnh hưởng của nhiễu cố ý SA.

Nhiễu cố ý SA được tạo ra nhằm giảm độ chính xác định vị tuyệt đối bằng cách làm sai lệch đồng hồ vệ tinh và tác động vào việc lập lịch vệ tinh. Song từ ngày 20/5/2000, Mỹ đã chính thức bỏ chế độ nhiễu cố ý SA.

1.1.6.2 Sai số phụ thuộc vào sự lan truyền tín hiệu

Tín hiệu vệ tinh truyền đến máy thu trên mặt đất phải xuyên qua khí quyển gồm nhiều tầng, trong đó có tầng điện ly và tầng đối lưu là hai tầng ảnh hưởng nhiều nhất tới sự lan truyền tín hiệu từ vệ tinh, đó được gọi là hiệu ứng khí quyển ảnh hưởng đến tín hiệu vệ tinh. Ngoài ra do hiện tượng phản xạ, tín hiệu vệ tinh GPS đến máy thu có thể bị ảnh hưởng của đa đường dẫn.

Ảnh hưởng của tầng điện ly:

- Tầng điện ly làm chậm tín hiệu code và làm sớm tín hiệu pha đến máy thu. Ảnh hưởng của tầng điện ly đến khoảng cách đo có giá trị trung bình trong khoảng 5-10m, lớn nhất có thể đến 50m.

- Cách khắc phục:

+ Sử dụng máy thu 2 tần số

+ Sử dụng các mô hình khí quyển (bản đồ TEC) và thông tin đạo hàng

+ Sử dụng định vị vi phân (DGPS)

Ảnh hưởng của tầng đối lưu:

- Tầng đối lưu làm tín hiệu code và pha đến máy thu bị chậm trễ, gây ra sai số trong khoảng cách cỡ 2,5 m theo phương thiên đỉnh và khoảng cách 30 m theo phương chân trời.

- Cách khắc phục:

+ Để khắc phục ảnh hưởng của tầng đối lưu, người ta nghiên cứu xây dựng mô hình khí quyển để dựa vào đó tính toán hiệu chỉnh trị đo nhằm loại bỏ hoặc giảm thiểu nguồn sai số.

+ Ảnh hưởng của tầng đối lưu đến tín hiệu còn phụ thuộc vào góc cao E của vệ tinh. Góc E cao càng nhỏ thì đường truyền tín hiệu trong tầng điện ly và tầng đối lưu càng lớn. Chính vì vậy, trong quá trình đo đạc, để giảm bớt sai số này người ta loại bỏ tín hiệu của vệ tinh có góc cao $E < 15^\circ$ (gọi là góc cao giới hạn hay góc ngưỡng).

Ảnh hưởng do đa đường dẫn:

- Hiện tượng đa đường dẫn là do tín hiệu vệ tinh đến máy thu qua nhiều đường khác nhau do phản xạ tín hiệu. Nếu tín hiệu phản xạ đủ mạnh, máy thu ghi nhận cả tín hiệu truyền thẳng từ vệ tinh đến máy thu và cả tín hiệu phản xạ khi va đập vào các vật (nhà cửa, hàng rào, cột điện...) trên đường đi.

- Cách khắc phục:

- + Cách tốt nhất loại bỏ sai số này là sử dụng anten máy thu có khả năng giảm thiểu tín hiệu đa đường dẫn như loại anten gồm các vòng xoáy tròn.
- + Một cách khác là bố trí trạm đo GPS phải xa các vật dễ phản xạ tín hiệu như vật liệu kim loại, bê tông...

1.1.6.3 Sai số liên quan đến máy thu

Sai số đồng hồ máy thu:

- Tinh thể thạch anh được dùng để chế tạo ra bộ tạo dao động của đồng hồ máy thu GPS. Do đó, độ ổn định của đồng hồ máy thu thấp hơn với đồng hồ vệ tinh. Sai số đồng hồ máy thu gây ra sẽ gây ra sai số trong các kết quả đo GPS.

- Cách khắc phục:

- + Trong định vị tuyệt đối khoảng cách giả, ta coi sai số đồng hồ máy thu là ẩn số thứ tư trong bài toán định vị, tính được sai số đồng hồ máy thu và hiệu chỉnh.

- + Trong định vị tương đối theo pha sóng tải, sử dụng phương trình sai phân bậc hai để loại bỏ ảnh hưởng của sai số đồng hồ máy thu.

- + Sai số do lệch tâm pha anten

- Khi chế tạo máy thu GPS, người ta chế tạo sao cho tâm điện tử của anten trùng với tâm hình học của nó, nhưng trên thực tế hai tâm này không trùng nhau và gây ra sai số lệch tâm anten.

- Cách khắc phục:

- + Trong khi thao tác đo GPS, đặt máy tại điểm đo luôn quay logo máy thu về hướng Bắc với sai số trong khoảng 5° sẽ giảm bớt sai số lệch tâm pha anten.

Sai số do nhiễu tín hiệu:

- Máy thu GPS là một thiết bị bao gồm phần cứng và phần mềm, do vậy trong quá trình làm việc có thể gặp tình trạng máy thu làm việc không ổn định. Trong môi trường lan truyền tín hiệu luôn có các nguồn sóng điện từ phát ra sẽ gây nhiễu tín hiệu.

- Cách khắc phục:

Người sử dụng cần nắm bắt được tình trạng của máy thu thông qua số liệu đo được xử lý đánh giá để có biện pháp khắc phục, sửa chữa máy thu GPS.

1.1.7 Một số ứng dụng của định vị vệ tinh trong trắc địa

Hiện nay, với sự kết hợp của nhiều hệ thống định vị vệ tinh khác nhau đã làm tăng thêm số lượng vệ tinh thường trực giúp cho người sử dụng có thể thu được tín hiệu của nhiều vệ tinh hơn, hỗ trợ tăng độ chính xác cho các mục đích định vị. Có rất nhiều ứng dụng trong công nghệ GNSS trong nhiều lĩnh vực khác nhau, có thể kể đến như:

1.1.7.1 Ứng dụng GNSS trong xây dựng các mạng lưới trắc địa

Những ứng dụng đầu tiên của công nghệ GNSS trong trắc địa bản đồ là xây dựng các mạng lưới tọa độ mặt bằng. Với những ưu điểm vượt hơn so với công nghệ đo đạc truyền thống như:

- Độ chính xác cao (định vị tương đối có độ chính xác tới mm).
- Đo đạc trong mọi điều kiện thời tiết, bất kể thời gian, vị trí nào.
- Giữa các điểm lưới không cần phải thông hướng với nhau, khoảng cách giữa các điểm có thể lên tới hàng trăm thậm chí hàng nghìn km.

Chính vì vậy, công nghệ GNSS đã được sử dụng rất hữu hiệu trong việc xây dựng các mạng lưới tọa độ, đặc biệt là đối với các mạng lưới tọa độ quốc gia và các mạng lưới chuyên dụng khác có yêu cầu kỹ thuật rất cao. Ở Việt Nam, từ năm 1994, Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước đã nghiên cứu và sử dụng công nghệ GNSS để xây dựng mạng lưới tọa độ quốc gia ở một số khu vực khó khăn như Minh Hải, Tây Nguyên và mạng lưới tọa độ trên các vùng biển đảo của nước ta, góp phần làm thống nhất hệ tọa độ quốc gia và thành lập hệ qui chiếu VN - 2000. Hiện nay, việc ứng dụng GNSS không chỉ trong xây dựng lưới tọa độ quốc gia mà

còn được sử dụng trong xây dựng các mạng lưới đo vẽ cấp thấp phục vụ đo vẽ địa hình, địa chính.

1.1.7.2 *Ứng dụng GNSS tương đối động trong các hoạt động Trắc địa-bản đồ*

Khái niệm định vị tương đối động được đưa ra từ năm 1985, đây là phương pháp đo dựa trên nguyên lý định vị tương đối. Phương pháp đo động khác với định vị tương đối tĩnh là chỉ yêu cầu một máy thu đặt cố định, còn máy thứ hai được phép di chuyển trong khi đo. Độ chính xác của định vị tương đối động thấp hơn đo tĩnh nhưng tốc độ đo khá nhanh, do thời gian thu tín hiệu tại mỗi điểm cần xác định tọa độ chỉ khoảng vài giây đến vài phút tùy thuộc vào tần suất ghi tín hiệu lựa chọn. Trạm máy cố định đặt tại điểm đã có tọa độ gọi là trạm cơ sở (trạm Base), còn trạm máy di chuyển trong quá trình đo được gọi là trạm động (trạm rover).

Định vị tương đối động được chia làm 2 dạng đó là định vị động tức thời (Real Time Kinematic - RTK) và định vị động xử lý sau (Post Positioning Kinematic - PPK). Từ hai dạng định vị này, người ta đã sử dụng chúng trong các mục đích khác nhau. Định vị tức thời RTK thường được sử dụng trong các hoạt động như làm đường giao thông, trong trắc địa công trình hoặc các

Mục đích khác bởi với dạng định vị này ta có thể xác định ngay được tọa độ của điểm định vị nhờ bộ phát tín hiệu từ radio từ trạm cơ sở đến trạm đo động. Định vị động ppk thường được áp dụng trong đo vẽ các loại bản đồ địa hình, địa chính tỉ lệ lớn do độ chính xác định vị của nó tới cỡ cm với định vị động xử lý sau, ta tiến hành công tác đo ngoài thực địa và xử lý nội nghiệp bằng các phần mềm xử lý số liệu GNSS để tính ra tọa độ độ cao của điểm định vị để sử dụng trong việc thành lập các loại bản đồ. Điểm lưu ý của phương pháp định vị tương đối động đó là chỉ có thể tiến hành đo được trên những khu vực quang đãng, không bị che khuất vì đây là yêu cầu đặc thù của công nghệ. Phạm vi đo đạc giữa trạm base và trạm rover có thể lên tới 10km và cho độ chính xác tới cỡ cm.

1.1.7.3 Ứng dụng GNSS trong trắc địa công trình

Trong các hoạt động trắc địa công trình, công nghệ GNS được sử dụng để xây dựng các mạng lưới cơ sở trắc địa công trình, lưới thi công trắc địa công trình và trong mục đích quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình. Lưới cơ sở trắc địa công trình là dạng lưới tọa độ được lập trên khu vực xây dựng công trình, mạng lưới này là sở để liên kết các cụm công trình trong một hệ tọa độ nhất định. Tùy theo tính chất của dạng công trình mà lưới trắc địa công trình có yêu cầu về độ chính xác khác nhau. Ví dụ như chính xác cực cao (nhà máy điện nguyên tử, nhà máy gia tốc hạt nhân), độ chính xác cao như nhà máy xi măng, các công trình hầm ngầm, ... Đặc điểm chung của mạng lưới trắc địa công trình là chiều dài cạnh ngắn, có yêu cầu về độ chính xác tương hỗ vị trí điểm khá cao, vị trí các điểm lưới thường gặp khó khăn trong việc lựa chọn thông hướng giữa các điểm. Vì vậy công nghệ GNSS hoàn toàn có thể sử dụng để xây dựng các mạng lưới này.

Quan trắc chuyển dịch các công trình là một công đoạn vô cùng quan trọng, nó giúp ta xác định được lượng dịch chuyển về độ cao và tọa độ của các điểm đặt trên công trình từ đó xác định được nguyên nhân và phương.

Hướng xử lý đối với công trình, tránh xảy ra các tai biến không lường trước. Trong quan trắc chuyển dịch được chia làm quan trắc chuyển dịch đứng và quan trắc chuyển dịch ngang công trình. Đối với quan trắc chuyển dịch đứng, do có những yêu cầu đặc biệt và độ chính xác đo cao rất cao, vì vậy công nghệ GNSS chưa thể đáp ứng được các yêu cầu trong quan trắc chuyển dịch đứng. Tuy nhiên, công nghệ này hoàn toàn có thể đáp ứng được các điều kiện trong quan trắc chuyển dịch ngang các công trình. Với ưu thế độ chính xác cao, đo đạc trong mọi điều kiện thời tiết và thời gian, công nghệ GNSS đã được sử dụng trong quan trắc chuyển dịch ngang các công trình. Ví dụ như tại Trung Quốc, người ta đã công bố một số

kết quả quan trắc lún và chuyển dịch ngang đập thủy điện Tam Hiệp trên sông Trường giang với độ chính xác xấp xỉ ± 1 mm.

1.1.7.4 Ứng dụng GNSS trong quan trắc địa động

Trong nghiên cứu địa động, từ khoảng những năm 1985 người ta thường sử dụng các kỹ thuật trắc địa không gian như giao thoa cạnh đáy dài (VLBI), đo khoảng cách laser tới vệ tinh (SLR), đo khoảng cách laser tới mặt trăng (LLR). để tiến hành quan trắc địa động do hoạt động kiến tạo, do khai thác mỏ, khai thác nước ngầm trên phạm vi khu vực và thậm chí là trên phạm vi toàn cầu nhằm các mục đích nghiên cứu khoa học và trong các hoạt động sản xuất. Các kỹ thuật này có độ chính xác cao nhưng nhược điểm của chúng là rất tốn kém chi phí trong xây dựng các trạm đo, thiết bị nặng nề, công kênh nên không phải quốc gia nào cũng có thể thực hiện được. Bằng các máy thu GNSS, người ta có thể đo chính xác các khoảng cách dài đến hàng ngàn km bằng các máy thu rất gọn nhẹ, chính vì vậy công nghệ GNSS đã dần trở thành công nghệ chủ đạo trong nghiên cứu địa động. Trên thế giới, tổ chức dịch vụ GNSS quốc tế (International GNSS Service – IGS) là tổ chức quan trọng trong việc phối hợp các quốc gia nghiên cứu địa động trên quy mô toàn cầu. Đến năm 2010, mạng lưới IGS đã có tới trên 500 trạm quan sát thường xuyên

Phân bố trên tất cả châu lục. Trong các năm 1994 -1998, các nhà khoa học về địa động lực của sáu nước châu Âu đã cùng các nhà khoa học của tám nước ASEAN triển khai dự án GEODYSSEA nghiên cứu địa động vùng Nam và Đông – Nam châu Á. Tại Việt Nam có 2 điểm tham gia đó là CAMP đặt tại Quảng Ninh và điểm NONN tại Đà Nẵng.

1.1.7.5 Ứng dụng GNSS trong các hoạt động khác

Ngoài các ứng dụng có độ chính xác cao như đã kể trên, GNSS còn được sử dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác phục vụ hoạt động sản xuất cũng như quân sự trên toàn cầu. Ta có thể kể đến một số ứng dụng khác như:

- Ứng dụng trong giao thông vận tải.
- Điều khiển máy móc.
- Ứng dụng trong quân sự.

1.2. Tổng quan về UAV

1.2.1. Khái niệm UAV

UAV là viết tắt của Unmanned aerial vehicle, có nghĩa là Thiết bị bay không người lái, hoặc Máy bay không người lái, 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. 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, trong quân sự, loại máy bay này có đặc tính tấn công chớp nhoáng.



(PHANTOM 4 RTK VỚI BASE STATION)

1.2.1. Lịch sử phát triển của UAV

Năm 1916, Archibald Montgomery Low (người Anh) chế tạo chiếc máy bay không người lái đầu tiên UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Máy bay không người lái đã tham gia trong hai cuộc chiến tranh thế giới thứ nhất và thứ hai. Trong chiến tranh Việt Nam, Mỹ đã sử dụng 3.500 các loại UAV cho nhiều mục đích khác nhau, nhiều nhất là cho mục đích do thám. Sau chiến tranh lạnh, UAV bắt đầu được ứng dụng trong dân sự, các thế hệ UAV ra đời được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực trong đó có lĩnh vực trắc địa-bản đồ. Các loại máy ảnh chuyên dụng với độ phân giải ngày càng cao được thiết kế chế tạo lắp trên các UAV để tiến hành chụp ảnh địa hình. Sự kết hợp với công nghệ GPS/GNSS đã làm tăng hiệu quả ứng dụng UAV trong công tác đo vẽ địa hình (Jan Leysens, 2009). Ứng dụng UAV có nhiều ưu điểm nổi trội so với các phương pháp đo vẽ ảnh hàng không truyền thống, nhiều loại UAV được thiết kế gọn nhẹ, thao tác nhanh; khởi bay bằng tay hoặc các dụng cụ đơn giản thích ứng với mọi điều kiện địa hình.

Các hãng sản xuất các thiết bị ngày càng hướng tới các thiết bị UAV với các thiết bị chụp ảnh độ phân giải cao, giảm thời gian và công sức trong các nội dung trắc địa, bản đồ. Các thiết bị UAV có khả năng điều chỉnh độ phân giải theo độ cao, khả năng định nghĩa phạm vi đo vẽ, thành lập và cung cấp nhanh chóng bản đồ mở

lộ thiên các loại tỷ lệ lớn (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000). Nhiều kết quả nghiên cứu đã khẳng định độ chính xác cao của các loại bản đồ mở lộ thiên đo vẽ bằng UAV, hoàn toàn đáp ứng cho công tác quản lý, điều hành sản xuất mỏ; đo vẽ bản đồ hành chính; điều tra khảo sát, đánh giá tài nguyên... Các UAV mới nhất hiện nay như MD4-1000 (Đức), Pteryx (Ba Lan), Swinglet CAM (Thụy sĩ), UX-5, X-100 Trimble (Mỹ) đều có thể bay thấp, chụp ảnh với độ phân giải vài chục cm trên khu vực có diện tích vài chục km². Hiện nay, trong một lần bay, các UAV có thể chụp ảnh 4÷5 km² với độ phân giải 10÷15 cm và có thể dưới 10 cm.

1.2.3. Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong trắc địa - bản đồ

Trong những năm gần đây khoa học công nghệ trắc địa, bản đồ, viễn thám trên thế giới đã đạt được nhiều thành tựu to lớn. Nhiều nghiên cứu khoa học và thực tiễn sản xuất trong và ngoài nước đã minh chứng tính hiệu quả của các phương pháp công nghệ mới như GNSS, GIS, viễn thám, LIDAR, UAV, TLS v.v... Chuyên mục phổ biến kiến thức sẽ cung cấp cho các bạn trong và ngoài ngành các kiến thức là kết quả nghiên cứu khoa học, triển khai công nghệ trong lĩnh vực trắc địa, bản đồ, viễn thám trên thế giới và ở Việt Nam.

Trên thế giới, việc áp dụng phương pháp đo ảnh khoảng cách gần với ảnh chụp từ máy ảnh số gắn trên UAV đã được áp dụng với rất nhiều ứng dụng khác nhau như: đo vẽ hiện trạng tai nạn giao thông, đo vẽ đánh giá khối lượng khai thác ở các mỏ lộ thiên, bản đồ địa hình khu vực nhỏ, bản đồ địa chính, giám sát Tài nguyên và Môi trường... Ở Việt Nam, năm 1999, Ban Nghiên cứu mục tiêu bay - Viện Kỹ thuật Phòng không Không quân - Quân chủng Phòng không Không quân đã thiết kế lắp đặt máy bay không người lái, và kết quả là hai chiếc UAV ký hiệu M-96 (bay ngày) và M-96D (bay đêm) đã bay thử thành công và tiếp tục hoàn thiện thành những Loại M100-CT, M400-CT... với sự điều khiển bay theo chương trình, dẫn đường của GPS trên nền bản đồ số. Năm 2013, Viện Công nghệ Không gian, thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã bay thử nghiệm 5 ngày mẫu UAV tại bãi thử nghiệm Hoà Lạc - Hà Nội và đã tiến hành thử nghiệm bay chụp ảnh ở Nha Trang, Lạc Dương, Lâm Đồng (chủ yếu chụp ảnh chưa đề cập đến việc sử dụng trong đo ảnh).

Ngoài việc giá thành tương đối thấp, công nghệ UAV với các máy ảnh phổ thông dễ dàng thu nhận các ảnh số với độ phân giải rất cao (mm, cm), trong điều kiện địa hình phức tạp, môi trường nguy hiểm. Thêm nữa, các phần mềm mã nguồn mở và phần mềm thương mại đều tích hợp các thuật toán SfM, cho phép gần như hoàn

toàn tự động xử lý ảnh, xây dựng các sản phẩm bản đồ (mô hình số bề mặt, mô hình số độ cao, bản đồ trực ảnh, bản đồ 3D, video).

Người sử dụng công nghệ này không nhất thiết phải có kiến thức quá sâu về công nghệ đo ảnh truyền thống. Chính vì thế công nghệ UAV đang rất hứa hẹn được ứng dụng rộng rãi hơn nữa vào các lĩnh vực khác nhau. Điểm cần bổ sung hiện nay của công nghệ này, là quy trình tính toán, công nghệ thiết kế bay chụp UAV sao cho đạt được độ chính xác mong muốn của các sản phẩm bản đồ, cho từng mục đích cụ thể.

1.2.4. Tổng quan về công nghệ

Cấu tạo hệ thống chụp ảnh hàng không kỹ thuật số bằng máy bay không người lái (UAV) để xây dựng bản đồ địa hình được chia thành 4 thành phần chính: Hệ thống máy bay, Máy ảnh kỹ thuật số, Trạm điều khiển mặt đất và Trạm xử lý ảnh tạo mô hình số mặt đất.

Hệ thống máy bay: Hệ thống bao gồm: Thân máy bay, đầu thu GPS, cảm biến tốc độ gió, cảm biến độ cao, cảm biến áp suất, cảm biến cân bằng và bộ thu phát tín hiệu. Ngoài ra trên máy bay còn mang theo 1 quả pin dùng để cung cấp nguồn điện cho toàn bộ các thiết bị trên máy bay.

Máy bay không người lái có nhiều hình dạng và kích cỡ khác nhau, mỗi loại đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng, do đó tùy từng công việc cụ thể mà người sử dụng lựa chọn loại máy bay phù hợp. UAV được chia ra làm 2 loại chính theo cấu tạo là máy bay cánh cố định (Fixed Wing UAV) và máy bay cánh quay (Rotary Wing UAV).

Máy ảnh kỹ thuật số: Thông thường các máy ảnh sử dụng để chụp ảnh mặt đất bằng UAV là các loại máy ảnh kỹ thuật số có kích thước nhỏ gọn, có tiêu cự cố định và khả năng lấy nét tự động.

Trạm điều khiển mặt đất: Mỗi hệ thống máy bay UAV đều phải được điều khiển bằng trạm điều khiển mặt đất. Cấu tạo của trạm điều khiển mặt đất bao gồm 2 bộ phận chính. Thứ nhất, máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh được cài đặt phần mềm lập trình bay và điều khiển bay. Đây là các phần mềm chuyên dụng để thiết kế bay, điều khiển bay và có thể lập kế hoạch vị trí hướng cất cánh, hạ cánh tại thực địa. Thứ hai, Bộ điều khiển có thiết bị thu phát tín hiệu dùng để kết nối máy tính bảng với máy bay.

Trạm xử lý ảnh UAV tạo mô hình số mặt đất: Trạm xử lý ảnh bao gồm máy tính trạm Workstations có cấu hình mạnh được cài đặt phần mềm chuyên xử lý ảnh máy bay để tạo mô hình số mặt đất. Đặc điểm chung của các phần mềm xử lý này là từ các bức ảnh số được chụp từ UAV với độ phủ từ 70 - 90%, sau khi xử lý sẽ tạo ra mô hình đám mây điểm (Point Cloud), mô hình số bề mặt (DSM), mô hình số độ cao (DEM) và ảnh trực giao (Orthomosaic).

Đặc điểm của công nghệ chụp ảnh hàng không bằng UAV là bay chụp theo từng dải bay, do đó rất phù hợp để ứng dụng trong công tác khảo sát địa hình các công trình dạng tuyến như các tuyến đường giao thông. Việc kết hợp phương pháp đo truyền thống với phương pháp bay chụp sẽ đem lại hiệu quả và độ chính xác cao. Việc sử dụng công nghệ này sẽ cho ta sản phẩm là mô hình số độ cao, bình đồ ảnh một cách nhanh chóng và trực quan, giúp cho người thiết kế chọn được các phương án tuyến tối ưu, phù hợp cho công tác giải phóng mặt bằng và bước lập đề xuất dự án.

Để có thể ứng dụng công nghệ chụp ảnh hàng không bằng UAV vào các dự án cần độ chính xác và mức độ chi tiết cao như thiết kế kỹ thuật thì cần phải tiếp tục nghiên cứu, đánh giá độ chính xác của kết quả bay chụp cũng như hoàn thiện phương pháp xử lý ảnh để nâng cao độ chính xác, đặc biệt trong các địa hình có thực phủ lớn và khu vực đông dân cư. Ngoài ra, cần nghiên cứu và đưa ra quy trình số hóa bản đồ 3D từ mô hình đám mây điểm và bình đồ ảnh trực giao để có sản phẩm phù hợp với quy trình, quy phạm hiện hành.

1.2.5. Quy trình thực hiện và kết quả đạt được

Công tác chuẩn bị bao gồm hoạch định vị trí và phạm vi cần bay chụp, kiểm tra vùng cấm bay, tiếp đến là kiểm tra các điều kiện thời tiết có phù hợp cho công tác bay chụp hay không. Việc kiểm tra điều kiện thời tiết và vùng cấm bay được thực hiện bởi phần mềm UAV Forecast được cung cấp miễn phí, chạy trên hệ điều hành iOS hoặc Android. Tiếp đến là thiết kế tuyến bay bằng phần mềm chuyên dụng và tiến hành bay chụp ảnh.

Sau khi có kết quả bay chụp, số liệu bay chụp bao gồm ảnh số và tọa độ các điểm không chế ảnh được đưa vào phần mềm xử lý ảnh AgisoftPhotoscan hoặc các phần mềm xử lý ảnh có chức năng tương tự để ghép ảnh và tạo mô hình số mặt đất. Để có được kết quả tốt hơn còn sử dụng một số phần mềm xử lý ảnh kỹ thuật số khác như: Global Mapper, Photoshop...

Kết quả xử lý ảnh UAV. Sau khi bay chụp và xử lý số liệu ảnh bằng phần mềm chuyên dụng, sản phẩm có được là mô hình đám mây điểm, mô hình số bề mặt, mô hình số độ cao và bình đồ ảnh trực giao.

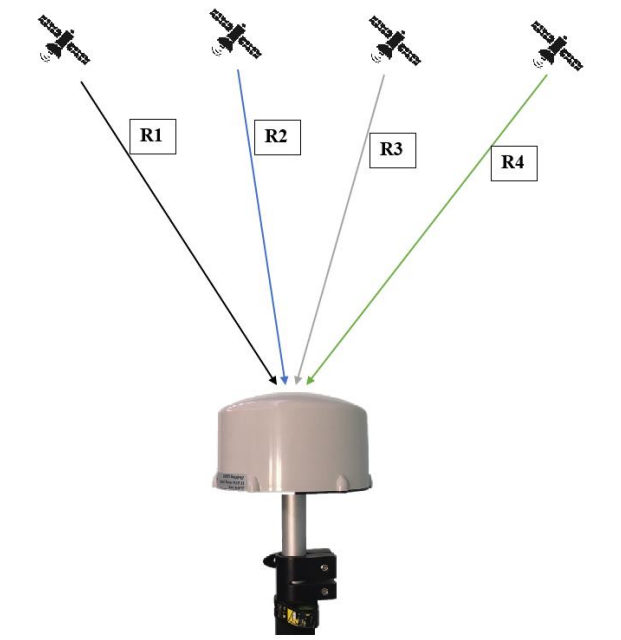
CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU GIẢI PHÁP ĐO GNSS TƯƠNG ĐỐI ĐỘNG(PPK) SỬ DỤNG TRẠM THAM CHIẾU ẢO(VRS)

2.1 Các phương pháp đo GNSS

2.1.1 Định vị tuyệt đối (SSP)

Đo GPS tuyệt đối là trường hợp sử dụng máy thu GPS để xác định ngay ra tọa độ tuyệt đối của điểm đặt máy (X, Y, Z) hoặc (B, H, L).

Nguyên tắc là ứng dụng đo khoảng cách từ các vệ tinh đến máy thu theo nguyên tắc giao hội không gian từ các điểm đã có tọa độ đã biết là các vệ tinh.



Hình 1: Nguyên lý định vị tuyệt đối

(Máy thu GNSS Aitogy C290 – Made in Vietnam)

Trong trường hợp lý tưởng để xác định vị trí của một điểm, chúng ta chỉ cần quan sát 3 vệ tinh là đủ (với mỗi một vệ tinh sẽ cung cấp một giá trị R, từ đó giải hệ phương trình 3 ẩn 3 phương trình để tìm các giá trị X, Y, Z hoặc B, H, L). Tuy nhiên do luôn luôn tồn tại sai số giữa đồng hồ máy thu và đồng hồ vệ tinh, lúc này yếu tố sai số này đóng vai trò là một ẩn trong hệ phương trình. Điều đó đòi hỏi trong thực tế phải quan sát ít nhất 4 vệ tinh mới có thể định vị được chính xác tọa độ điểm. Từ 4 vệ tinh quan sát được, lập thành hệ phương trình 4 ẩn tổng quát như sau:

$$R_i = \sqrt{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2 + (Z_i - Z)^2} + c \cdot (dt - dT_i)$$

Trong đó:

R_i là khoảng cách từ vệ tinh thứ i đến máy thu

X, Y, Z là tọa độ điểm đặt máy thu

X_i, Y_i, Z_i là tọa độ đã biết của vệ tinh thứ i

dt : là sai số của đồng hồ máy thu

dT_i là sai số đồng hồ của vệ tinh thứ i

Do dT_i là sai số của đồng hồ vệ tinh nên giá trị này đã biết nên lúc này hệ phương trình có dạng tổng quát như sau:

$$R_i = \sqrt{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2 + (Z_i - Z)^2} + c \cdot dt$$

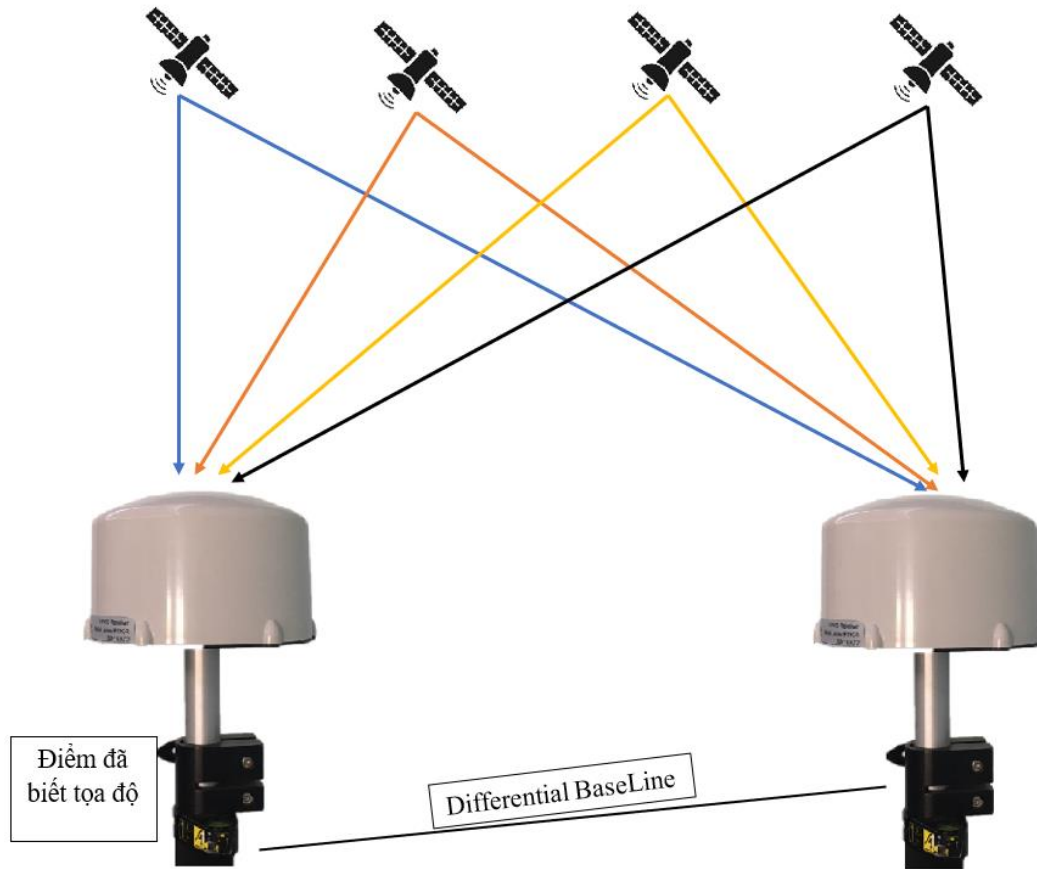
Giải hệ phương trình trên, ta sẽ thu được các giá trị X, Y, Z, dt ; tức là xác định được tọa độ điểm đặt máy thu.

Trong trường hợp số vệ tinh nhiều hơn 4, bài toán sẽ được giải theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

Kết quả định vị tuyệt đối phụ thuộc vào nhiều nguồn sai số, trong đó sai số do vệ tinh ảnh hưởng trọn vẹn đến kết quả định vị (vì chúng ta không xem dT là một ẩn). Để lập lưới không chế trắc địa, thường không sử dụng định vị tuyệt đối, sai số của định vị tuyệt đối dao động từ 3m – 20m, tùy thuộc thời điểm đo và loại máy. Ưu điểm của phương pháp này là xác định tọa độ nhanh, tổ chức đo đơn giản, ít tốn kém.

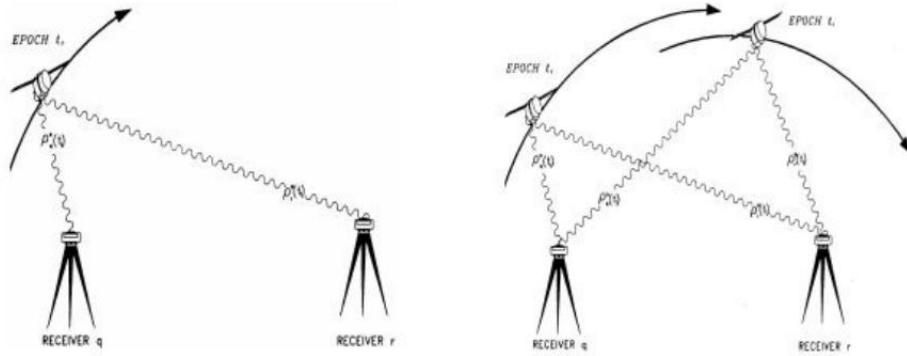
2.1.2 Định vị tương đối

Định vị tương đối là sử dụng ít nhất 2 máy thu để thu đồng thời tín hiệu vệ tinh nhằm xác định hiệu số tọa độ giữa hai điểm đặt máy ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$). Một máy thu được đặt tại một điểm đã biết tọa độ, máy còn lại đặt tại điểm cần xác định tọa độ. Dựa vào điểm đã biết tọa độ và hiệu số tọa độ giữa 2 điểm để xác định tọa độ cho điểm đã biết. Như vậy, thực chất của định vị tương đối là xác định vectơ của đường thẳng nối giữa 2 điểm, đường thẳng này được gọi là baseline.



*Hình 2: Nguyên lý định vị tương đối
(Máy thu GNSS Aitogy C290 – Made in Vietnam)*

Đo GPS tương đối có độ chính xác cao hơn so với đo GPS tuyệt đối vì có khả năng loại bỏ được các sai số do vệ tinh, sai số do đồng hồ máy thu bằng khái niệm sai phân.



(a) Sai phân bậc 1

(b) Sai phân bậc 2

Hình 3: Nguyên lý xác định sai phân

Trong trường hợp, 2 máy thu đồng thời thu tín hiệu từ 1 vệ tinh, ta có phân sai bậc nhất.

Nếu ký hiệu pha sóng tải từ vệ tinh i đến máy thu A là ϕ_A^i ; pha sóng tải từ vệ tinh i đến máy thu B là ϕ_B^i

Ta có: $\phi_{AB}^i = \phi_B^i - \phi_A^i$ được gọi là sai phân bậc nhất. Do ảnh hưởng của sai số vệ tinh thứ i đến A và B là như nhau, nên trong sai phân bậc nhất chúng ta loại bỏ được sai số do vệ tinh.

Trong trường hợp, 2 máy thu đồng thời thu tín hiệu từ 2 vệ tinh khác nhau, ta có phân sai bậc hai.

Nếu ký hiệu pha sóng tải từ vệ tinh i đến máy thu A là ϕ_A^i , pha sóng tải từ vệ tinh i đến máy thu B là ϕ_B^i ; pha sóng tải từ vệ tinh k đến máy thu A là ϕ_A^k ; pha sóng tải từ vệ tinh k đến máy thu B là ϕ_B^k ; Phân sai bậc hai được tính là hiệu của 2 phân sai bậc nhất của vệ tinh i, k đến hai điểm A, B.

$$\phi_{AB}^{i,k} = \phi_{AB}^i - \phi_{AB}^k = \phi_B^i - \phi_A^i - (\phi_B^k - \phi_A^k) = (\phi_A^k - \phi_A^i) - (\phi_B^k - \phi_B^i)$$

Ta thấy rằng: Ảnh hưởng của máy thu tại điểm A đến vệ tinh k, i là như nhau, nên $\phi_A^k - \phi_A^i$ sẽ khử được sai số của máy thu tại điểm A; tương tự như vậy tại điểm B. Mặt khác: ϕ_{AB}^i, ϕ_{AB}^k đã loại bỏ sai số vệ tinh. Chính vì vậy, phân sai bậc hai loại bỏ được sai số vệ tinh và sai số do đồng hồ máy thu.

2.1.3 Phương pháp đo động và công nghệ PPK

Các kỹ thuật đo GPS động

- Đo động dừng và đi (Stop And Go):

Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm Rover dừng lại tại các điểm cần xác định để thu tín hiệu khoảng vài giây đến vài phút sau đó lại di chuyển đến điểm khác. Kỹ thuật đo này được ứng dụng chủ yếu để đo vẽ thành lập bản đồ, đo vẽ mặt cắt, đo các điểm lưới khống chế có độ chính xác thấp vv...

- Đo động liên tục (Continuous):

Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm Rover vừa di chuyển vừa đo, không dừng lại tại điểm cụ thể nào, kết quả sẽ xác định được các điểm trên đường di chuyển sau những khoảng thời gian nhất định nào đó. Kỹ thuật này thường được ứng dụng để xác định tọa độ của các vật di chuyển như tàu, thuyền, ô tô hoặc đo xác định bề mặt địa hình, vv...

- Đo động đánh dấu sự kiện:

Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm động xác định tọa độ điểm đồng thời với một sự kiện nào đó. Ví dụ: Máy động xác định tọa độ tâm chụp của máy chụp ảnh hàng không đồng thời với việc cửa chớp nhanh của máy chụp ảnh mở.

Các kỹ thuật đo trên lại được thực hiện theo hai nguyên tắc xử lý số liệu: Đo động xử lý sau (Post Processing Kinematic): Là kỹ thuật đo mà việc đo đạc được thực hiện ngoài thực địa, sau đó đưa số liệu trút vào máy tính, dùng các phần mềm chuyên dụng để tính toán ra các baseline và tọa độ các điểm;

Nguyên lý vận hành của đo động xử lý sau (PPK)

- Lưu số liệu vào Base và Rover.
- Sử dụng trị đo sóng tải.
- Giải cạnh baseline bằng phần mềm chuyên dụng.
- Độ chính xác cao 1 cm + 1ppm.

2.2 Công nghệ trạm CORS (Continuously Operation Reference Station)

2.2.1 Khái niệm trạm CORS

Trạm CORS là hệ thống trạm tham chiếu làm việc liên tục, có thể được hiểu là một hoặc nhiều trạm tham chiếu GNSS (Global Navigation Satellite System) vận hành liên tục tại các điểm cố định, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vi phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong

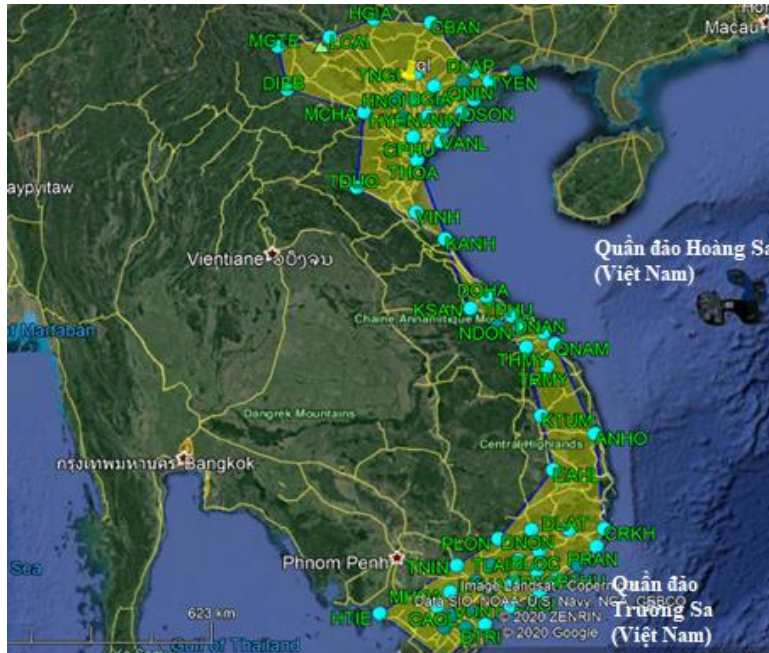
mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly, ...

Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số độ chính xác cao và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ (MS) thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới, ngoài ra cung cấp một nền tảng để ánh xạ chính xác từng cơ sở hạ tầng với định vị được tiêu chuẩn hóa.

2.2.2 Hiện trạng về xây dựng trạm CORS ở Việt Nam

Việt Nam đang trong quá trình xây dựng lưới GNSS/CORS Quốc gia. Hệ thống này của Việt Nam được thiết kế với mục tiêu là lưới đa mục đích, đáp ứng được nhiều nhiệm vụ với độ chính xác khác nhau.

Hiện nay, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam đang thực hiện xây dựng 65 trạm GNSS CORS trên lãnh thổ Việt Nam với mục tiêu cơ bản và quan trọng nhất là cung cấp dịch vụ số liệu hiệu chỉnh độ chính xác cao, phục vụ cho tất cả các ứng dụng xác định vị trí và dẫn đường trong chế độ thời gian thực dựa trên nền tảng truyền số liệu qua Internet. Trong số 65 trạm được xây dựng nêu trên có 24 trạm Geodetic CORS, các trạm còn lại là NTRK CORS. 24 trạm Geodetic CORS được xây dựng dựa trên cơ sở nâng cấp 6 trạm DGNSS hiện có của Bộ Tài nguyên và Môi trường và 18 trạm được xây dựng mới. 6 trạm hoạt động hiện tại của Bộ Tài nguyên và Môi trường phục vụ công tác phân giới cắm mốc biên giới và phục vụ khảo sát, đo đạc biển và dẫn đường cho các phương tiện hoạt động trên biển. Ngoài ra, các trạm DGNSS/CORS của Bộ Quốc phòng có chức năng phát số hiệu chỉnh phân sai và vi phân phục vụ khảo sát, đo đạc biển và dẫn đường cho các phương tiện hoạt động trên biển và phục vụ cho việc xây dựng hệ quy chiếu, hệ tọa độ quân sự, nghiên cứu địa động lực, đánh giá hậu quả do thảm họa thiên tai gây ra trong nước, khu vực và trên thế giới, tham gia vào việc khẳng định chủ quyền lãnh thổ và lãnh hải của đất nước (Dương Thành Trung, 2019).



Hình 3: Sơ đồ 65 trạm CORS (Điểm chấm tròn) và vùng phủ mạng lưới VNGEONET (Vùng phủ trong nổi trạm CORS)

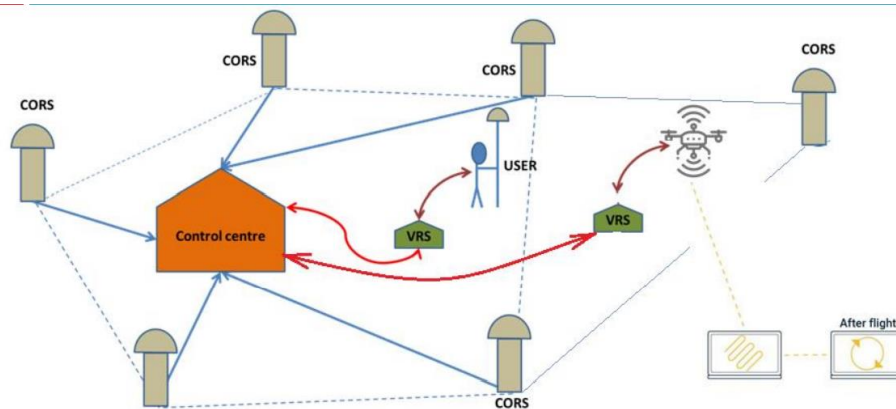
2.3 Giải pháp VRS PPK cho UAV

Giả thiết mạng lưới công nghệ VRS bao gồm n trạm quy chiếu liên tục thu các tín hiệu từ các vệ tinh. Các dữ liệu vệ tinh thu được từ các trạm tham chiếu được truyền về Trạm xử lý trung tâm nhờ các mạng LAN, Internet Modem. Trạm xử lý trung tâm tiến hành xử lý các dữ liệu vệ tinh theo các baselines giữa các trạm tham chiếu trên cơ sở giải các trị nguyên đa trị theo các phương trình hiệu kép của trị đo pha. Kết quả xác định tiếp theo các số hiệu chỉnh khí quyển bao gồm tổng của số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng điện ly và số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu. Các số hiệu chỉnh khí quyển được mô hình hoá bởi mô hình nội suy tuyến tính với việc xác định được các hệ số của mô hình nhờ các số hiệu chỉnh khí quyển đã được xác định trên n trạm tham chiếu.

Trạm Rover gửi các toạ độ gần đúng của nó về Trạm xử lý trung tâm nhờ các dịch vụ GSM, GPRS, 3G, ... Trạm xử lý trung tâm sẽ thiết lập trạm VRS gần khu vực của trạm Rover dựa trên các dữ liệu vệ tinh trên n trạm tham chiếu và gửi các dữ liệu tính toán đối với trạm VRS đến trạm Rover trong định dạng chuẩn RTCM. Dựa trên các dữ liệu nhận được, trạm Rover giải đa trị và xác định vector baseline giữa trạm VRS và trạm Rover. Từ đây xác định được vị trí của trạm Rover.

Hệ thống trạm VRS hoạt động dựa trên nguyên tắc sau:

- Mạng lưới phải có ít nhất 3 trạm tham chiếu cố định CORS. Các trạm này kết nối đến một mạng chủ thông qua các liên kết truyền thông (LAN, Internet hoặc Radio Modem).



- Một hay nhiều Rover hoạt động trong vùng bao phủ của mạng lưới các trạm CORS. Các Rover này gửi vị trí tương đối của nó về trung tâm xử lý số liệu. Các số liệu về vị trí tương đối của Rover được gửi bằng các giao thức truyền dữ liệu trên điện thoại di động như GSM hoặc GPRS. Định dạng chuẩn của dữ liệu gửi từ Rover thường là NMEA (National Marine Electronics Association). Loại định dạng này có sẵn ở hầu hết các máy thu GPS.
- Trung tâm xử lý phải được trang bị các phần mềm có khả năng phân tích, tổng hợp các dữ liệu thu được từ các trạm CORS và Rover như các phần mềm GPSNet, GPSTserver hoặc CRNet. Sau khi nhận thông điệp thông qua chuẩn NMEA từ Rover, máy chủ trung tâm sẽ gửi lại tín hiệu RTCM từ trung tâm xử lý dữ liệu để cập nhật lại vị trí của mình và tiếp tục gửi vị trí mới của mình về trung tâm xử lý dữ liệu. Lúc này máy chủ trung tâm mới tính toán cho ra tín hiệu hiệu chỉnh tham chiếu ảo ngay sát với Rover.

Mạng lưới các trạm tham chiếu này tạo ra một trạm tham chiếu ngay sát với Rover, nhưng trạm tham chiếu này hoàn toàn không có thực nên trạm này gọi là trạm tham chiếu ảo.

➤ Ưu nhược điểm của VRS PPK cho UAV

Ưu điểm:

- + Không cần không chế mặt đất
- + Không cần trạm Base vật lý
- + Không cần đo nối không chế
- + Tối ưu khoảng cách Baseline
- + Độ chính xác GNSS đến cm

Nhược điểm:

- + Cần tài khoản CORS

+ Cần phần mềm xử lý chuyên dụng

CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ PPK VRS CHO UAV BẰNG PHẦN MỀM AIPOS

3.1 Đặc điểm khu vực nghiên cứu

Chúng tôi đã tiến hành thực hiện nghiên cứu của mình tại khu gần trường Đại học Mở - Địa chất nơi có trạm CORS thu tín hiệu vệ tinh 24/7



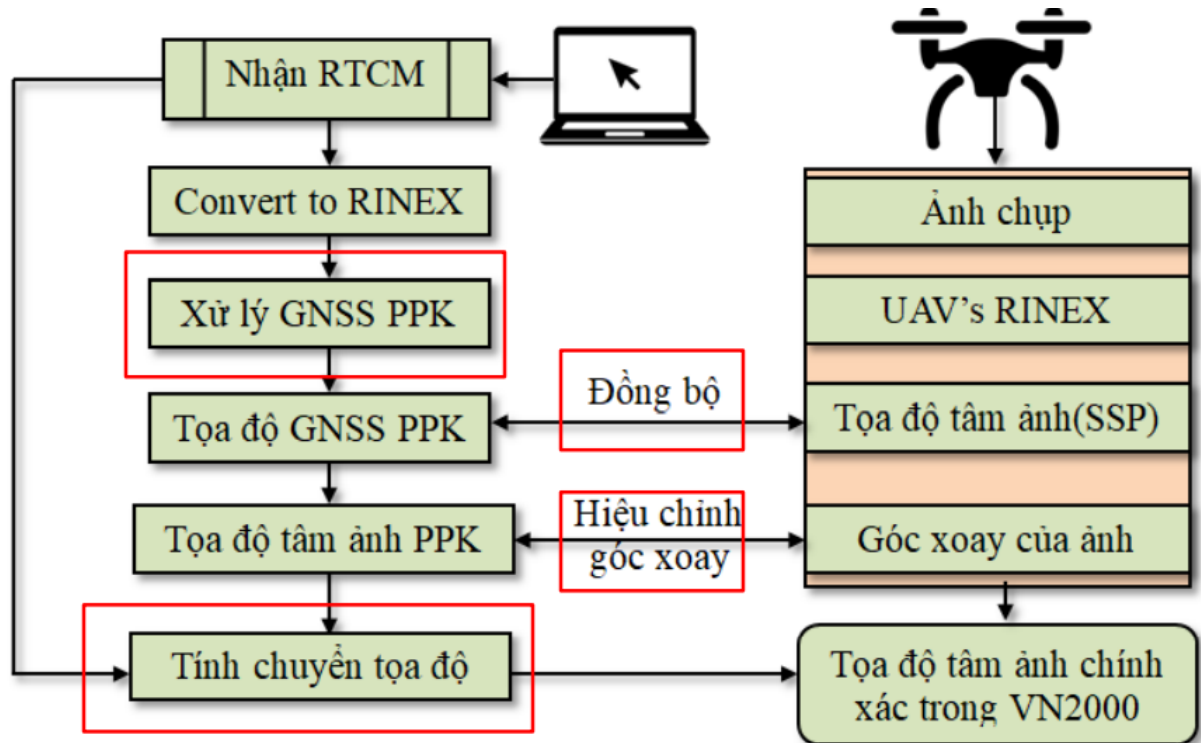
3.2 Thực nghiệm

Để kiểm tra độ chính xác của công nghệ VRS PPK cho UAV chúng tôi tiến hành thu tín hiệu của cả base ảo và base vật lý sau đó so sánh giữa 2 công nghệ này



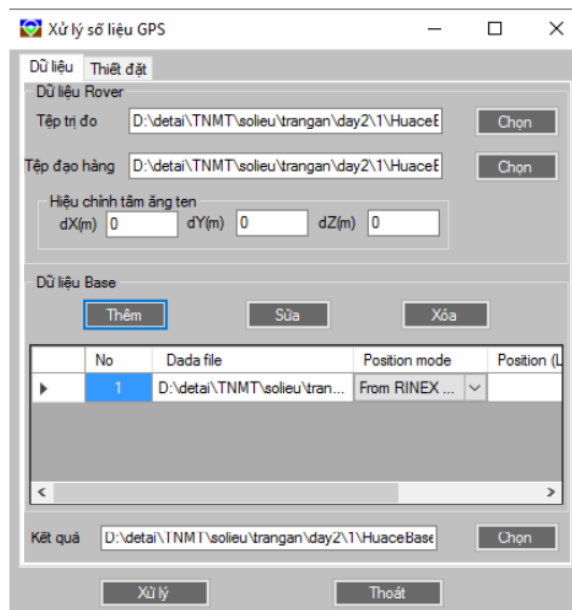
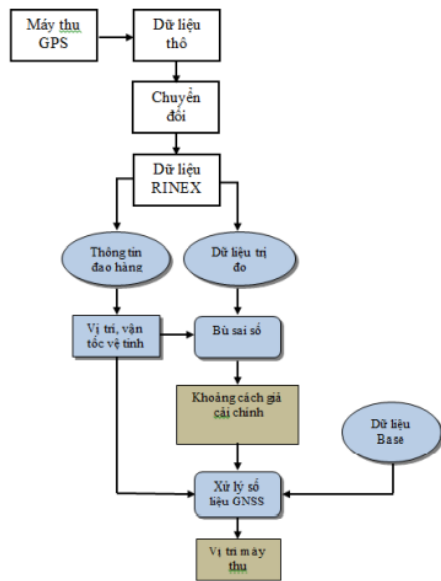
3.2.1 Quy trình công nghệ VRS PPK cho UAV

Để thực hiện được quy trình công nghệ ta thực hiện các bước sau:



Sơ đồ 1: Quy trình Công nghệ VRS PPK cho UAV

Bước 1: Thu và xử lý dữ liệu RTCM



Bước 2: Đồng bộ hóa dữ liệu

100_0001_Timestamp.MRK

1	373023.212225	[2136]	-12.N	-38.E	190.V	21.07271166,Lat	105.76914920,Lon	78.571,Elh	1.047328, 1.101343, 2.711898	16.Q
2	373026.002193	[2136]	-20.N	-43.E	189.V	21.07271854,Lat	105.76924897,Lon	77.930,Elh	1.066341, 1.102856, 2.724806	16.Q
3	373028.806497	[2136]	-14.N	-23.E	193.V	21.07272823,Lat	105.76944814, Lon	77.937,Elh	1.058344, 1.070745, 2.542851	16.Q
4	373031.604149	[2136]	-11.N	-15.E	194.V	21.07274171,Lat				
5	373034.399609	[2136]	-14.N	-17.E	194.V	21.07274814,Lat				
6	373037.216032	[2136]	-14.N	-17.E	194.V	21.07275742,Lat				
7	373040.001441	[2136]	-15.N	-15.E	194.V	21.07276604,Lat				
8	373042.797130	[2136]	-16.N	-17.E	193.V	21.07277504,Lat				
9	373045.596754	[2136]	-11.N	-10.E	194.V	21.07278455,Lat				
10	373048.415394	[2136]	-12.N	-16.E	193.V	21.07279346,Lat				
11	373051.213230	[2136]	-13.N	-17.E	193.V	21.07280079,Lat				
12	373054.014943	[2136]	-17.N	-19.E	193.V	21.07280490,Lat				

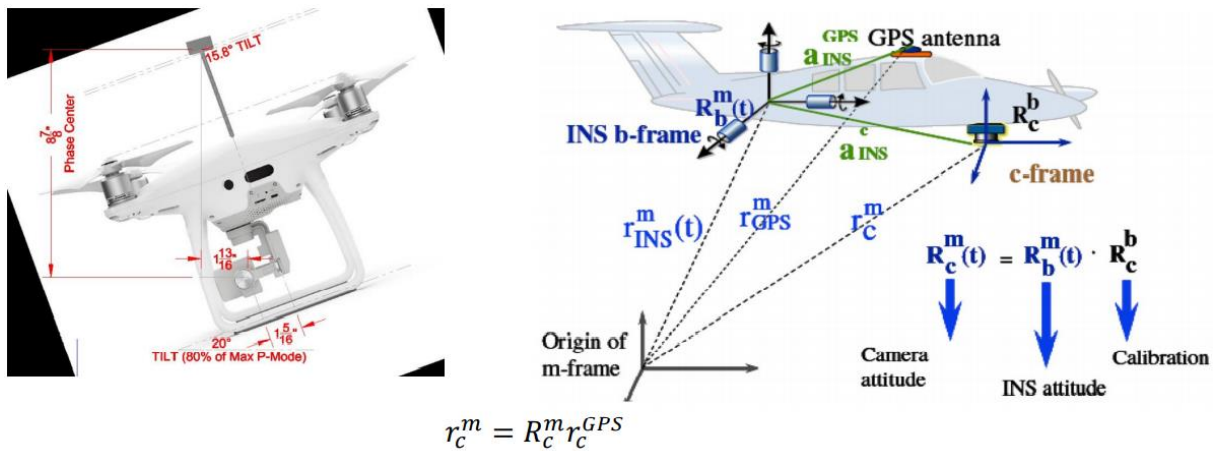
100_0001_RinexPOS_vrs.txt

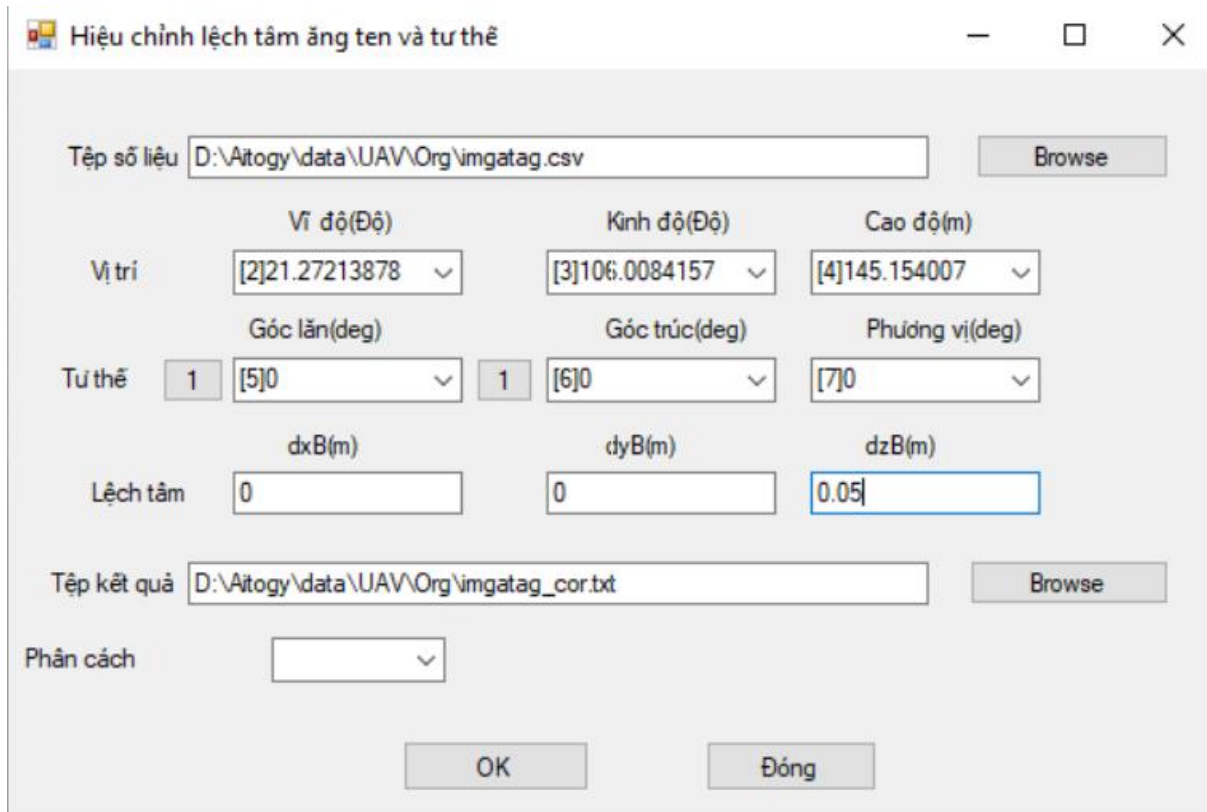
GPS Time	Lat	Lon	Elh	Nstd	Estd	Hstd
373023.0000	21.072724618	105.769140584	80.7970	0.0054	0.0047	0.0135
373023.2000	21.072724827	105.769141032	80.7404	0.0053	0.0046	0.0134
373023.4000	21.072725179	105.769142565	80.7162	0.0053	0.0048	0.0135
373023.6000	21.072725573	105.769145124	80.6847	0.0055	0.0048	0.0136
373023.8000	21.072725955	105.769148785	80.6323	0.0054	0.0048	0.0136
373024.0000	21.072726516	105.769153565	80.6196	0.0054	0.0043	0.0135
373024.2000	21.072727083	105.769159436	80.5837	0.0055	0.0047	0.0135
373024.4000	21.072727730	105.769166282	80.5434	0.0055	0.0046	0.0135
373024.6000	21.072728474	105.769174771	80.4935	0.0054	0.0046	0.0135

pos-mk2

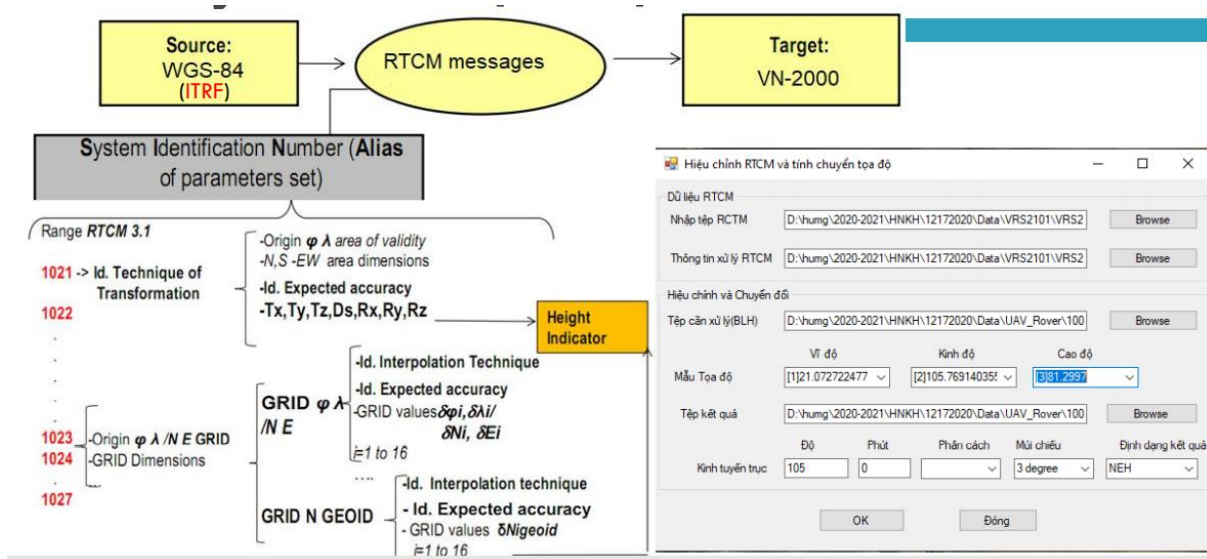
No	Ref_Column#	Syn_Column#	Tagged Field	Offset value
0	0	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0
1	1	9	<input type="checkbox"/>	0
2	2	11	<input type="checkbox"/>	0
3	3	13	<input type="checkbox"/>	0
4	4	15	<input type="checkbox"/>	0
5	5	16	<input type="checkbox"/>	0

Bước 3: Hiệu chỉnh góc xoay của ảnh





Bước 4: Chuyển đổi tọa độ về VN2000



3.2.2. Thực hiện đánh giá kết quả

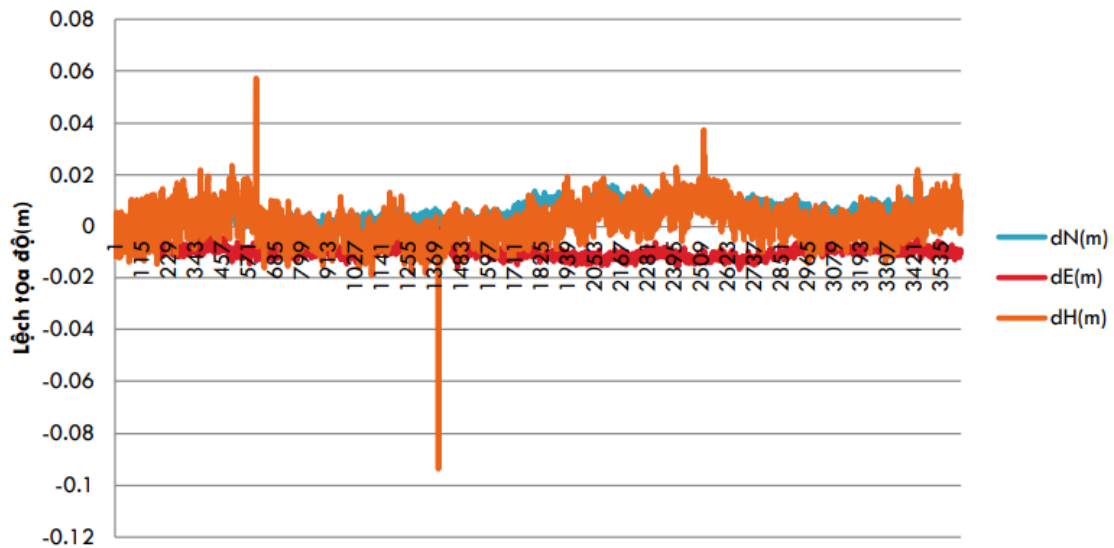
Số liệu gồm:

- Số liệu Rover RINEX từ UAV
- Số liệu Base RINEX vật lý (Comnav T300)

- Số liệu CORS đơn (HUMG CORS)
- Số liệu VRS (DOSM CORS 2101)
- Tọa độ gần đúng tâm ảnh (GPS tuyệt đối)
- Số liệu RTK các điểm kiểm tra mặt đất



Bảng độ lệch tọa độ và độ cao giữa Base ảo và Base vật lý



Tham số độ lệch giữa Base ảo và Base vật lý

Tổng số	dN (m)	dE (m)	dH (m)
Số lượng điểm đo	3623	3623	3623
Độ lệch lớn nhất	0.016	0.002	0.057
Độ lệch trung bình	0.005	-0.010	0.002
Độ lệch chuẩn	0.004	0.002	0.007

Kết quả cho thấy rằng có thể sử dụng Base ảo thay cho Base vật lý với độ chính xác tâm chụp cỡ centimet

Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu, chúng tôi rút ra kết luận sau:

Thông qua thực nghiệm cho thấy độ chính xác định vị trí điểm đo chi tiết của phương pháp PPK sử dụng trạm base ảo có thể cải thiện từ 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 đạc ngay tại thời điểm đo mà kết quả và chất lượng đo đạc chỉ thu được sau khi đã xử lý nội nghiệp bằng các phần mềm chuyên dụng.

Qua việc chuyển đổi khuôn dạng và việc đồng bộ hóa dữ liệu, chúng tôi đã có thể hoàn toàn thay thế trạm Base vật lý bằng trạm Base ảo với nhiều ưu điểm vượt trội như tiết kiệm chi phí máy móc và lắp đặt cũng như đo nối không chế tại trạm Base vật lý. Thực nghiệm đã được tiến hành ngoài thực địa đã cho thấy rằng sử dụng trạm Base ảo hoàn toàn có thể thay thế được trạm Base vật lý truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Dương Thành Trung, Hoàng Thị Thủy, Võ Minh Tuấn. Giải pháp định vị GPS tương đối động xử lý sau với nhiều trạm cơ sở trong công tác thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

[2] Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012. Định vị vệ tinh. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.

[3] Tăng Quốc Cường. “Nghiên cứu thử nghiệm thành lập mô hình số độ cao độ chính xác cao bằng công nghệ GPS – RTK kết hợp đo thủy chuẩn phục vụ GIS phòng chống lũ lụt đồng bằng sông Cửu Long”. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật. Viện nghiên cứu địa chính - Bộ tài nguyên và môi trường. 2005.

[4] Groves, P. D., 2008. Principles of GNSS, Inertial, and multi – sensor integrated navigation systems.

[5] Muhammad Isma'il, Iyortim Opeoluwa Saanyol. “Application of Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) in flood vulnerability mapping: Case study of River Kaduna” INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS Volume 3, No 3, 2013.