

# TÍCH HỢP THIẾT BỊ IMU VÀ GNSS THU NHẬN DỮ LIỆU SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ TRẠM THAM CHIẾU ẢO (VRS) TRÊN THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) PHỤC VỤ CÔNG TÁC THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH

LƯU HẢI ÂU, ĐẶNG XUÂN THỦY, NGÔ THỊ LIÊN

*Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ*

## ***Tóm tắt:***

*Công tác thành lập bản đồ địa hình ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) đã được ứng dụng và đang dần trở lên phổ biến. Việc xác định chính xác các yếu tố định hướng ngoài của ảnh là một trong những yếu tố quyết định đến độ chính xác của bản đồ địa hình cần thành lập thay vì thiết lập mạng lưới khống chế ảnh. Bài báo này trình bày về vấn đề tích hợp thiết bị GNSS/IMU trên thiết bị bay không người lái (UAV) kết hợp với công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) để xác định các yếu tố định hướng ngoài của ảnh với độ chính xác đảm bảo thành lập bản đồ địa hình tỉ lệ lớn với số lượng điểm khống chế ảnh giảm tối đa.*

## **1. Đặt vấn đề**

Trên thế giới, công tác thành lập bản đồ địa hình ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) đã rất phổ biến. Cùng với việc hoàn thiện thuật toán trong công tác xử lý nội nghiệp, các hệ thống phục vụ thu nhận dữ liệu ngoại nghiệp cũng phát triển mạnh mẽ. Quá trình phát triển hệ thống phục vụ thu nhận dữ liệu ngoại nghiệp trên thế giới hiện nay diễn ra theo các hướng như: tăng tính cơ động của hệ thống thiết bị, tăng số lượng và chất lượng dữ liệu thu nhận, giảm giá thành... Trong xu thế đó, các hãng sản xuất hệ thống thu nhận dữ liệu hàng đầu hiện nay như Trimble - Mỹ, Sensefly - Thụy Sĩ, Aeromao - Canada... đã phát triển những hệ thống thiết bị được ứng dụng phổ biến trong công tác thu nhận dữ liệu phục vụ thành lập bản đồ địa hình các loại tỉ lệ.

Mặc dù mức độ tự động hóa của công nghệ sử dụng thiết bị bay không người lái trong thành lập bản đồ ngày càng được cải thiện và hiện nay nhiều phần mềm thương mại đã đạt tới mức tự động hóa gần như hoàn toàn trong một số công đoạn thành lập bản đồ bằng phương pháp đo ảnh như: Định hướng tăng dày, thành lập mô hình số độ cao, thành lập ảnh trực giao nhưng hiện nay

các tham số tham số định hướng ngoài của ảnh vẫn chưa được sử dụng rộng rãi và triệt để trong công tác thành lập bản đồ trên thế giới và ở nước ta. Chưa có thiết bị GNSS có thể tính tọa độ tâm ảnh chính xác. Hơn nữa các chương trình, phần mềm xử lý khi đến tay người dùng là hoàn toàn tự động và đóng kín. Do đó để nắm bắt và làm chủ được công nghệ cần thiết phải có các nghiên cứu về các thuật toán, chương trình, phần mềm áp dụng cho hệ thống UAV.

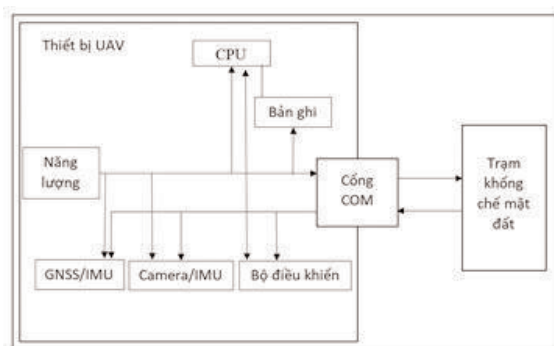
Nhằm tăng tính cơ động, tăng số lượng và chất lượng dữ liệu của hệ thống thu nhận dữ liệu, các hãng sản xuất trên thế giới đang phát triển theo hướng tích hợp các công nghệ mới trong hệ thống thu nhận dữ liệu như: tích hợp công nghệ định vị vệ tinh - phương pháp đo động, thiết bị định vị quán tính và công nghệ mới trong camera... Qua đó, dữ liệu thu được trong công tác ngoại nghiệp ngày càng gia tăng về số lượng, chủng loại và có độ tin cậy cao.

## **2. Các kết quả nghiên cứu**

### ***2.1. Giới thiệu hệ thống tích hợp GNSS-IMU-UAV***

*(Xem hình 1)*

Ngày nhận bài: 07/07/2020, ngày chuyển phản biện: 11/07/2020, ngày chấp nhận phản biện: 17/07/2020, ngày chấp nhận đăng: 25/07/2020



Hình 1: Mô hình tích hợp GNSS-IMU-UAV

Thông số các thiết bị thành phần của hệ thống:

a) IMU là loại cảm biến PMU 6050 với các thông số:

- Điện áp sử dụng: 3~5VDC
- Điện áp giao tiếp: 3~5VDC
- Chuẩn giao tiếp: I2C
- Giá trị Gyroscopes trong khoảng: +/- 250 500 1000 2000 degree/sec
- Giá trị Acceleration trong khoảng: +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g

b) Thiết bị định vị GNSS: (Xem bảng 1)

c) Thiết bị bay không người lái: (Xem bảng 2, hình 2)



Hình 2: Hệ thống tích hợp GNSS-IMU trên UAV VTOL

## 2.2. Thử nghiệm

Bãi hiệu chuẩn phục vụ công tác xác định các thông số độ lệch chuẩn của hệ thống thiết bị được xây dựng tại khu vực thôn Cổ Rùa, xã Phú Mãn, huyện Quốc Oai, thành phố Hà Nội với diện tích 64 ha. Trong đó xây dựng 36 mốc không chế mặt bằng và không chế độ cao phủ trùm khu đo. Các mốc không chế được đo đạc chi tiết theo hệ tọa độ quốc gia VN-2000 và hệ độ cao Nhà nước (Hòn Dấu). Các điểm không chế mặt bằng này được tận dụng làm mốc không chế độ cao, được đo nối với hệ độ cao Nhà nước (Hòn Dấu) theo tiêu chuẩn dẫn thủy chuẩn hạng IV.

Bảng 1: Thông số thiết bị GNSS

STT	Thông số kỹ thuật	
1	Số lượng kênh thu đồng thời	192 kênh
2	Hệ thống vệ tinh định vị	GPS L1+L2, Glonass G1, Beidou B1+B3
3	Công nghệ cải chính RTK	Có hỗ trợ, đạt sai số đến centimet
4	Tần số xuất tọa độ	Tối đa 10Hz (10 vị trí trong 1 giây)
5	Độ chính xác khi đo độc lập	Phương ngang: 1,5 m, phương đứng 3,0 m
6	Độ chính xác PPK	P.ngang: 10mm + 1ppm, P.đứng: 15mm + 1ppm
7	Độ chính xác khi di chuyển	0,03m/s
8	Thời gian xác định tọa độ lần đầu	Nhỏ hơn 50 giây
9	Thời gian khởi động	Nhỏ hơn 10 giây
10	Công giao tiếp	Cổng COM DB9-RS232, Bluetooth
11	Nguồn điện	5V
12	Công suất	2.5 W

Bảng 2: Thông số thiết bị bay không người lái

STT	Mô tả	Thông số
1	Cất cánh và hạ cánh	VTOL
2	Nguồn	PIN
3	Tốc độ bay	72 km/h (TAS)
4	Sức chống gió	10 m/s
5	Tốc độ tối đa	5 m/s (ở độ cao 500 m)
6	Bay xa tối thiểu	3500 m
7	Thời gian ca bay	90 phút (Độ cao 100m trên mặt biển)
8	Trọng lượng	7 kg
9	Trọng lượng cất cánh tối đa	13kg
10	Tải trọng mang theo vật	1.3 kg
11	Mức ồn	45dba @ 200mAGL
12	Công suất đầu ra	1W
13	Giải tần số	902-928Mhz
14	Mã hóa dữ liệu	128bit AES encryption
15	Spread Spectrum	FHSS
16	Tốc độ truyền	115200
17	Phạm vi truyền tải	60km
18	Lỗi CRC	32 bit CRC, ARQ
19	Camera Sony ILCE 5100	6000x4000

Sau khi xây dựng hệ thống mốc không chế, tiến hành bay chụp bãi hiệu chuẩn sử dụng hệ thống thiết bị GNSS-IMU-UAV. Trong quá trình xác định các thông số độ lệch chuẩn của hệ thống thiết bị, các mốc không chế mặt bằng, độ cao trên bãi hiệu chuẩn được xác định tọa độ, độ cao từ mô hình và được coi như là các điểm kiểm tra để đánh giá kết quả.

Bảng 3: Các thông số tuyến bay hiệu chuẩn

STT	Diện tích khu đo	64 ha
1	Chiều dài	14.58 km
2	Khoảng cách giữa các ảnh	83.2 m
3	Độ phân giải mặt đất	8.02 cm
4	Độ cao bay	300 m
5	Camera	Sony ILCE 5100



Hình 3: Sơ đồ thiết kế tuyến bay hiệu chuẩn

### 2.3. Đánh giá thử nghiệm và lựa chọn phương án xử lý dữ liệu phù hợp

Sau khi thực hoàn thành công tác bay chụp, các dữ liệu thu được bao gồm: dữ liệu ảnh UAV, dữ liệu GNSS-PPK, dữ liệu IMU. Quá trình xử lý dữ liệu được tiến hành theo 3 phương án:

- Phương án 1: Xác định các yếu tố định hướng ngoài của ảnh từ dữ liệu ảnh chụp UAV của máy ảnh, kết hợp với dữ liệu đo không chế ảnh. Đây là phương pháp truyền thống, đang được sử dụng phổ biến.

- Phương án 2: Xác định các yếu tố định hướng ngoài của ảnh từ dữ liệu ảnh UAV của máy ảnh kết hợp với dữ liệu GNSS thu nhận dữ liệu theo công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS), IMU gắn trên UAV. Đây cũng là phương án tích hợp của đề tài.

- Phương án 3: Xác định các yếu tố định hướng ngoài của ảnh từ dữ liệu ảnh UAV của máy ảnh kết hợp với dữ liệu GNSS, IMU gắn trên UAV và 4 điểm không chế ảnh.

#### a) Kết quả xử lý theo phương án 1:

Kết quả xử lý theo phương án 1 cho thấy, tọa độ tâm ảnh UAV chưa qua xử lý chênh lệch so với tọa độ sau xử lý trung bình khoảng 22.5 mét.

Bảng 4: So sánh tọa độ điểm kiểm tra sau khi xử lý theo phương án 3 với giá trị đo đạc ngoài thực địa

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra sau khi xử lý theo Phương án 3			Tọa độ điểm kiểm tra đo đạc ngoài thực địa			Sai số vị trí		
	y(m)	x(m)	h(m)	y(m)	x(m)	h(m)	delta y (m)	delta x (m)	delta h (m)
101	555178.624	2317924.030	24.826	555178.673	2317924.043	24.537	0.049	0.013	-0.289
102	555637.520	2318487.007	22.424	555637.590	2318487.043	22.412	0.070	0.036	-0.012
103	555639.216	2318475.311	22.108	555639.156	2318475.256	22.115	-0.060	-0.055	0.007
104	555406.517	2318485.596	27.241	555406.485	2318485.623	27.506	-0.032	0.027	0.265
105	555057.037	2317994.995	31.149	555056.994	2317994.946	31.168	-0.043	-0.049	0.019
106	554993.813	2317745.028	31.713	554993.898	2317744.974	31.794	0.085	-0.054	0.081
KCA 01	555323.080	2318333.360	28.844	555323.097	2318333.340	28.848	0.017	-0.020	0.004
KCA 02	555322.416	2318334.090	28.854	555322.415	2318334.080	28.807	-0.001	-0.010	-0.047
KCA 03	555360.055	2318373.719	28.111	555360.014	2318373.720	28.069	-0.041	0.001	-0.042
KCA 04	555353.588	2318372.906	28.087	555353.629	2318372.909	28.103	0.041	0.003	0.016
KCA 05	555416.764	2318320.559	28.476	555416.785	2318320.508	28.508	0.021	-0.051	0.032
KCA 08	555480.006	2318297.884	26.434	555480.020	2318297.862	26.403	0.014	-0.022	-0.031
KCA 09	555477.086	2318291.992	26.522	555477.103	2318291.997	26.473	0.017	0.005	-0.049
KCA 11	555346.356	2318172.985	30.168	555346.387	2318172.971	30.171	0.031	-0.014	0.003
KCA 12	555344.493	2318169.701	30.180	555344.521	2318169.698	30.185	0.028	-0.003	0.005
KCA 16	555509.452	2318228.587	23.737	555509.495	2318228.573	23.696	0.043	-0.014	-0.041
KCA 17	555513.662	2318225.532	23.695	555513.688	2318225.571	23.702	0.026	0.039	0.007
KCA 18	555517.032	2318266.397	23.563	555517.045	2318266.424	23.544	0.013	0.027	-0.019
KCA 19	555514.623	2318268.221	23.558	555514.664	2318268.197	23.590	0.041	-0.024	0.032
KCA 20	555531.930	2318297.099	23.517	555531.902	2318297.073	23.496	-0.028	-0.026	-0.021
KCA 21	555547.373	2318313.069	23.401	555547.329	2318313.052	23.342	-0.044	-0.017	-0.059
KCA 22	555546.565	2318285.456	21.435	555546.537	2318285.465	21.468	-0.028	0.009	0.033
KCA 23	555544.990	2318286.631	21.507	555544.978	2318286.590	21.454	-0.012	-0.041	-0.053
KCA 24	555545.076	2318236.739	20.397	555545.063	2318236.760	20.376	-0.013	0.021	-0.021
KCA 25	555502.565	2318257.593	23.545	555502.577	2318257.639	23.576	0.012	0.046	0.031
KCA 26	555504.844	2318270.636	23.638	555504.848	2318270.609	23.594	0.004	-0.027	-0.044
KCA 13	555383.265	2318158.232	29.459	555383.317	2318158.206	29.411	0.052	-0.026	-0.048
KCA 31	555317.968	2318424.917	27.797	555318.000	2318424.961	27.871	0.032	0.044	0.074
KCA 28	555396.177	2318152.557	29.182	555396.180	2318152.482	29.135	0.003	-0.075	-0.047
107	555398.542	2318141.655	29.027	555398.501	2318141.652	29.011	-0.041	-0.003	-0.016
108	555396.525	2318138.372	29.070	555396.550	2318138.409	29.048	0.025	0.037	-0.022
109	555420.024	2318190.368	28.989	555420.033	2318190.327	29.001	0.009	-0.041	0.012
KCA 35	555356.379	2318295.149	29.444	555356.381	2318295.140	29.470	0.002	-0.009	0.026
KCA 36	555357.847	2318293.746	29.443	555357.812	2318293.767	29.452	-0.035	0.021	0.009
KCA 37	555357.430	2318302.926	29.193	555357.371	2318302.956	29.227	-0.059	0.030	0.034
KCA 38	555344.358	2318290.872	29.659	555344.372	2318290.882	29.687	0.014	0.010	0.028
KCA 39	555270.071	2318264.481	30.574	555270.038	2318264.518	30.538	-0.033	0.037	-0.036

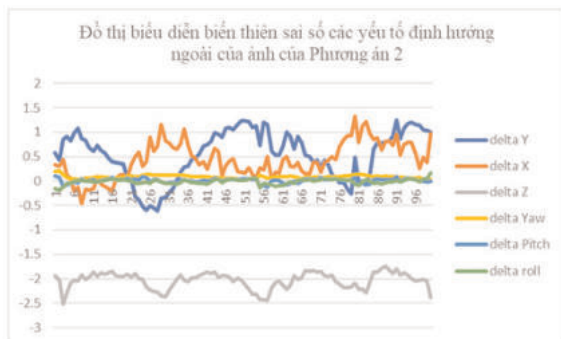
Trong đó, sai số mặt bằng đạt 3.7 mét và độ cao đạt 22.317 m. Ngoài ra, trong 6 yếu tố định hướng ngoài của ảnh bao gồm tọa độ tâm ảnh và 3 góc xoay thì dữ liệu ảnh của UAV đơn thuần chỉ có tọa độ tâm ảnh và không có 3 góc xoay cho nên các góc xoay sau xử lý được xác định

phương pháp nắn ảnh lập thể dựa vào các điểm khống chế ảnh. Do vậy việc bố trí các điểm khống chế ảnh mặt đất yêu cầu phải phủ trùm và rải đều khu đo với mật độ tương đối dày. Hơn nữa, đối với những khu vực độ che phủ cao, hoặc không xác định được điểm khống chế trên ảnh

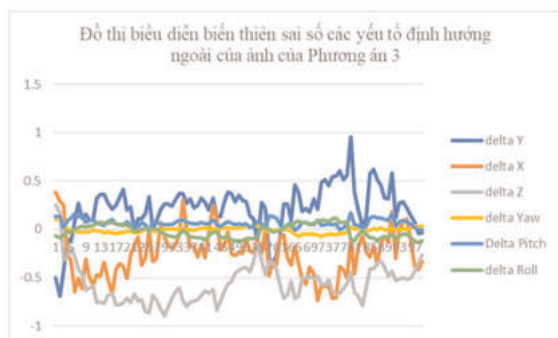
thì độ chính xác sẽ bị giảm.

b) *Kết quả xử lý theo phương án 2:*

So sánh giá trị các yếu tố định hướng ngoài của ảnh khi xác định bằng dữ liệu GNSS-IMU và khi xác định bằng toàn bộ không chế ảnh rải đều khu đo cho kết quả sai lệch bằng đạt 0.72 mét, sai số độ cao đạt 2.073 mét, sai số góc xoay pitch, roll, yaw rất nhỏ ( $<1^\circ$ ).



c) *Kết quả xử lý theo phương án 3:*



Nhận xét: Kết quả xử lý theo phương án 3 cho kết quả tọa độ tâm ảnh gần đúng nhất với sai số mặt bằng đạt 10-20 cm, sai số độ cao đạt 50-

70 cm. Việc sử dụng dữ liệu GNSS-IMU kết hợp với dữ liệu ảnh UAV đã xác định được gần đúng tọa độ tâm ảnh chính xác do vậy việc đo không chế ảnh có thể giảm lên đến 80%. (Xem bảng 4)

**3. Kết luận**

Qua quá trình thực nghiệm, tác giả nhận thấy rằng việc sử dụng dữ liệu GNSS kết hợp IMU để xử lý tọa độ tâm ảnh có thể giảm tới 80% số điểm không chế ảnh cần đo đạc so với trước đây. Công nghệ này đã góp phần nâng cao mức độ tự động hóa trong công tác sử dụng thiết bị bay không người lái (UAV) trong đo đạc thành lập bản đồ địa hình.○

**Tài liệu tham khảo**

[1]. Dieu Tien Bui, Van Cam Nguyen, Nguyen Quang Minh, 2016, Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV), Hội nghị khoa học đo đạc bản đồ và ứng phó với biến đổi khí hậu tháng 7/2016, trang 18-25.

[2]. Trần Trung Anh, 2018, Kết hợp công nghệ UAV, RTK và SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn vùng rừng ngập mặn ven biển, Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững 2018, trang 34-41.

[3]. Phan Bảo Châu, Ngô Khánh Hiếu, Nguyễn Vĩnh Bảo, 2014, Phát triển hệ thống dẫn đường tích hợp GPS/INS cho máy bay mô hình, Tạp chí KH&CN Tập 17, Số K7-2014, trang 28-34.○

**Summary**

**Integrating IMU and GNSS devices to receive data using virtual reference station technology (VRS) on unmanned aerial vehicles (UAVs) for topographic mapping.**

*Luu Hai Au, Dang Xuan Thuy, Ngo Thi Lien*

The topographic mapping application of unmanned aerial vehicles (UAV) has been applied and is gradually becoming more popular. Determining the exact factors external orientation of photos is one of the factors determining the accuracy of topographic maps should be established instead of setting the image control network. This article discusses the issue of integrating GNSS-IMU devices on unmanned aerial vehicles (UAVs) in combination with virtual reference station technology (VRS) to identify outward-facing elements of an image with accurately ensure the creation of a large scale terrain map with the maximum number of image control points.○