

# NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH BAY CHỤP VÀ THỬ NGHIỆM THÀNH LẬP MÔ HÌNH SỐ BỀ MẶT ĐỊA HÌNH VÀ BÌNH ĐỒ ẢNH TỪ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

TÔNG SĨ SƠN<sup>(1)</sup>, TÔNG THỊ HUYỀN ÁI<sup>(1)</sup>,  
PHẠM VIỆT HOÀ<sup>(2)</sup>, VŨ PHAN LONG<sup>(3)</sup>, NGUYỄN VŨ GIANG<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam

<sup>(2)</sup>Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam

<sup>(3)</sup>Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu

## **Tóm tắt:**

Ứng dụng công nghệ thành lập mô hình số bề mặt địa hình và bình đồ ảnh từ ảnh máy bay không người lái đã được thực hiện rộng rãi và chứng minh tính ưu việt về độ chính xác, khả năng linh hoạt, tính kinh tế. Tuy nhiên, quy trình thực hiện và ứng dụng công nghệ này ở Việt Nam còn chưa thống nhất và phụ thuộc nhiều vào khả năng, kinh nghiệm của đơn vị thực hiện. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu: 1/ tổng hợp và đề xuất quy trình bay đo thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh từ máy bay không người lái; 2/ thử nghiệm bay chụp theo quy trình đề xuất; 3/ đánh giá khả năng thành lập bình đồ ảnh và mô hình số bề mặt từ ảnh máy bay không người lái. Kết quả xử lý ảnh bay đo thử nghiệm khu vực Ba Vì, Hà Nội cho thấy: quy trình bay chụp đề xuất là khả thi và hiệu quả; sự phân bố đều các điểm khống chế có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác khi bình sai khối ảnh hơn là số lượng điểm khống chế sử dụng; sản phẩm mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ tỷ lệ 1/500 và nhỏ hơn khi xử lý ảnh máy bay với 7 điểm khống chế tổng hợp.

## **1. Giới thiệu**

Mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh là hai sản phẩm chính của trắc địa ảnh nhằm mô phỏng, biểu diễn địa hình, địa vật trên bề mặt trái đất lên mặt phẳng bản đồ. Xây dựng mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh bằng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái - Unmanned Aerial Vehicles (UAV) là phương pháp cho hiệu quả cao khi áp dụng với các khu vực nhỏ lẻ, cần độ chính xác và độ phân giải ở mức độ cm, việc thực hiện đơn giản [1, 2]. Tarha cùng nhóm nghiên cứu của mình ở Malaysia đã tiến hành thử nghiệm thành lập mô hình số bề mặt (DSM) và ảnh trực giao bằng ảnh UAV cánh bằng và đạt được độ chính xác về vị trí tọa độ phẳng dưới 2m và sai số về độ cao dưới 5m [3]. Trong khi đó Ouedrago và cộng sự [4] bay chụp ảnh UAV với độ phân giải 1x1m và đánh giá mô hình số độ cao thành lập

từ ảnh cho một lưu vực sông nhỏ ở Bỉ với sai số trung phương dưới 14cm, tuy nhiên, có chỗ sai số tuyệt đối lên tới 52cm ở rìa khu vực nghiên cứu. Gần đây, Uysal và đồng nghiệp [5] bay chụp UAV cho một vùng đồi núi của Thổ Nhĩ Kỳ thành lập được DSM cho độ chính xác đến 6,6cm. Những nghiên cứu ứng dụng ảnh chụp từ UAV ở các vùng địa lý khác nhau, các dạng địa hình từ đơn giản đến phức tạp, cho thấy DSM và ảnh trực giao đạt được ngày càng có độ chính xác cao, đáp ứng những yêu cầu về kỹ thuật trắc địa.

Gần đây, việc khai thác sử dụng máy bay không người lái cho thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh đã được sử dụng phổ biến ở Việt Nam [1, 6-8]. Tuy nhiên, các ứng dụng được thực hiện dựa trên kiến thức và kinh nghiệm chuyên gia, quy trình không thống nhất. Nghiên

Ngày nhận bài: 12/4/2018, ngày chuyển phân biên: 12/4/2018, ngày chấp nhận phân biên: 04/5/2018, ngày chấp nhận đăng: 08/5/2018

cứ này được thực hiện với mục tiêu: 1/ Tổng hợp và đề xuất quy trình bay đo thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh từ máy bay không người lái; 2/ Thử nghiệm bay chụp theo quy trình đề xuất; 3/ Đánh giá sản phẩm mô hình số và bình đồ ảnh cho thành lập bản đồ khi sử dụng các tổ hợp điểm khống chế khác nhau.

## 2. Quy trình thành DSM và bình đồ ảnh từ ảnh máy bay không người lái

Thành lập DSM và bình đồ ảnh từ ảnh chụp bề mặt trái đất sử dụng UAV dựa trên phép chiếu xuyên tâm ảnh và mô hình lập thể. Do đó, bên cạnh công tác chụp ảnh là xây dựng lưới khống chế ảnh để bình sai, định hướng ngoài khối ảnh về tọa độ theo yêu cầu. Quy trình thực hiện bay đo trong nghiên cứu được xây dựng dựa trên tổng hợp các nghiên cứu đã thực hiện trong và ngoài nước [7-11] (xem hình 1). Ba nhóm nhiệm vụ chính cần ưu tiên thực hiện là thiết kế lưới khống chế, xin phép bay, và thiết kế bay chụp ảnh. Các bước thiết kế, đo khống chế, bay chụp và trình tự xử lý số liệu đã được trình bày cụ thể, chi tiết trong các nghiên cứu trước đây [2, 9, 12]. Các bước kiểm tra độ chính xác và chất lượng ảnh phụ thuộc vào yêu cầu và quy định kỹ thuật thành lập bản đồ [13 -16].

## 3. Khu vực thử nghiệm và thiết bị sử dụng

Khu đo thử nghiệm được xác định với diện tích 2 km<sup>2</sup> nằm trong khu vực 3 xã Vật Lại, Phú Sơn, Đồng Thái thuộc huyện Ba Vì, Hà Nội. Khu bay đo nằm trong phạm vi từ 21°12'27" - 21°13'08" Vĩ độ Bắc và từ 105°22'27" - 105°23'38" Kinh độ Đông. Khu vực mang đặc trưng của vùng trung du với địa hình phong phú bao gồm đồi thấp, ruộng lúa, sông hồ, khu dân cư, khu vực cây cối rậm rạp.

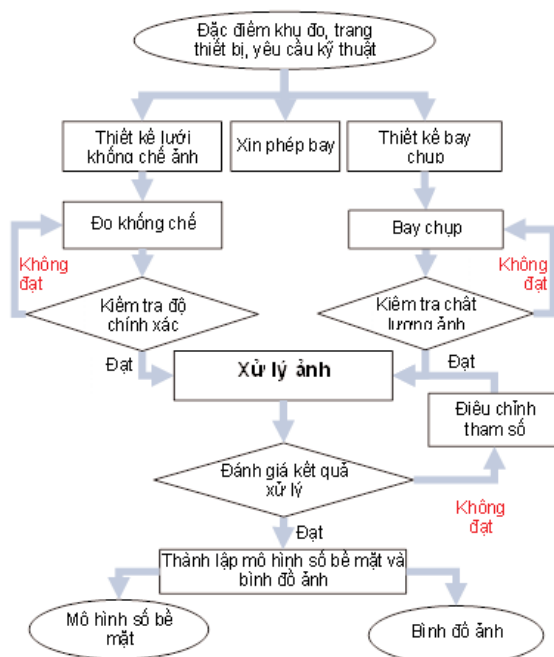
Hai hệ thống thiết bị tân tiến được sử dụng trong nghiên cứu này là thiết bị bay chụp ảnh đồng bộ Phantom 4 Pro và bộ máy đo GPS động 2 tần số Huace RTK X91. Ngoài thiết bị phần cứng, nghiên cứu còn sử dụng phần mềm thương mại Pix4D bản dùng thử để xử lý ảnh đã bay đo.

## 4. Kết quả

### 4.1. Kết quả bay chụp ảnh và đo khống chế

Bay chụp ảnh UAV và đo khống chế ảnh được thực hiện đồng thời từ 10h30' đến 13h00' ngày 29/7/2017. Thời tiết trong suốt thời gian đo rất tốt, trời nắng, quang mây, độ ẩm 67%, nhiệt độ từ 34 -35°C, gió Đông Nam vận tốc 2,4m/s. Để phủ kín khu vực bay thử nghiệm cần thực hiện 4 ca đo liên tiếp (Hình 2A) thu được 768 ảnh ở độ cao trung bình 200m so với mặt đất. Các cảnh ảnh có độ phân giải mặt đất 5,5 cm, độ phủ ngang 75%, phủ dọc 85%. Mỗi ảnh chụp đi kèm với các thông tin về tọa độ tâm chiếu hình xác định bằng GPS gắn trên UAV với độ chính xác mặt bằng từ 3-5m.

Lưới các điểm khống chế và điểm kiểm tra được đo đạc cùng thời gian bay chụp ảnh. Các điểm đo được đánh dấu trên thực địa bằng các tiêu đo chữ thập kích thước 50x50cm. Phương thức đo GPS động xử lý tức thời (RTK) được thực hiện nhằm đánh giá nhanh chất lượng điểm khống chế. Có 7 điểm khống chế (K1, K2, K3, K4, K5, K6, T11) được phân bố đều trong khu vực thử nghiệm. Bốn điểm kiểm tra bao gồm T7,



Hình 1: Quy trình thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh từ UAV

T8, T9, T10 phân bố xen kẽ giữa các điểm khống chế (xem hình 2B). Lưới điểm khống chế và điểm kiểm tra được đo nối với hai điểm tọa độ địa chính cơ sở DC103497 và DC103456 để định hướng ngoài khối ảnh về hệ tọa độ quốc gia. Các điểm khống chế, kiểm tra và điểm địa chính cơ sở được đo với cùng cấp độ chính xác.

#### 4.2. Kết quả xử lý ảnh bay đo

Nghiên cứu sử dụng phần mềm thương mại Pix4D (bản dùng thử) để xử lý số liệu bay đo thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh. Số liệu bay đo được xử lý lặp lại với các tổ hợp điểm khống chế khác nhau để đánh giá độ chính xác mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh tương ứng với mỗi tổ hợp. Kết quả đánh giá độ chính xác theo các thành phần X, Y, Z cho 4 điểm kiểm tra T7, T8, T9, T10 (xem bảng 1).

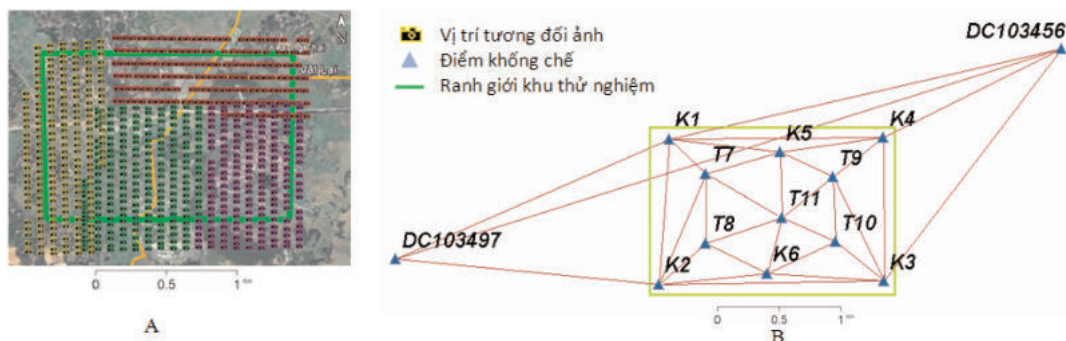
### 5. Đánh giá kết quả và thảo luận

#### 5.1. Quy trình và các bước thực hiện

Quy trình bay đo và xử lý ảnh máy bay không người lái trên (xem hình 1) được xây dựng và áp dụng thử nghiệm dựa trên sự tổng hợp kinh nghiệm mà nhiều nghiên cứu đã áp dụng [2, 6, 12]. Các tiêu chí thiết kế bay chụp như độ cao bay (200 m), độ phân giải ảnh (5,5 cm) độ phủ của ảnh (phủ ngang 75%, phủ dọc 85%) được đảm bảo cơ sở khoa học, cân đối khả năng của thiết bị, kinh phí, cũng như đặc điểm khu bay đo. Các chỉ tiêu để đánh giá độ chính xác của lưới khống chế trong quy trình bao gồm: số vệ tinh thu được (>10 vệ tinh), trạng thái lời giải (fix) xác định chất lượng, độ ổn định, xác thực của tín

hiệu GPS thu được. Sai số điểm khống chế mặt bằng không vượt quá 0,1mm ở vùng quang đấng và 0,15mm ở vùng khó khăn [13]. Ảnh bay chụp được kiểm tra, đánh giá nhanh các thông số về độ phủ ảnh theo thiết kế, độ nghiêng của ảnh, độ lóa ảnh ngay sau khi bay chụp trên thực địa. Nếu ảnh không đảm bảo chất lượng cần bay chụp lại ngay trên hiện trường.

Để định hướng ngoài khối ảnh, có thể sử dụng phương pháp xác định tọa độ chính xác tâm chiếu hình gắn trên máy bay dùng công nghệ GPS động xử lý tức thời (RTK), hoặc dùng các điểm đo tọa độ, độ cao mặt đất. Tuy nhiên phương pháp đo tọa độ điểm khống chế mặt đất vẫn cho độ tin cậy cao hơn cả [17, 18]. Phương pháp GPSRTK đo tọa độ khống chế tiết kiệm thời gian công sức, giảm chi phí so với phương pháp toàn đạc. Hơn hết, phương pháp RTK có thể kiểm tra nhanh độ chính xác lưới khống chế trên thực địa để có phương án điều chỉnh tức thời. Phương án đo tọa độ điểm khống chế bằng công nghệ RTK là phù hợp và nên được khuyến cáo khi sử dụng công nghệ UAV cho thành lập DSM và bình đồ ảnh. Bản chất của phương pháp xây dựng mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh dựa trên phép chiếu xuyên tâm và mô hình lập thể. Do đó nếu độ cao địa hình trong khu vực bay đo có biến động lớn, việc sử dụng một độ cao bay chụp sẽ làm thay đổi độ phân giải ảnh và độ chồng phủ theo hướng: tăng độ phân giải ảnh, giảm độ chồng phủ khi độ cao địa hình tăng và ngược lại [19, 20]. Tùy thuộc vào sự biến thiên địa hình, cần thiết lập các ca bay đo với độ cao bay tương ứng với độ cao địa hình để đảm bảo



Hình 2: A-Vị trí tương đối tâm chiếu hình của ảnh UAV, B-Đồ hình lưới khống chế và kiểm tra

*Bảng 1: Độ chính xác của mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh khi xử lý ảnh với các tổ hợp không chế ảnh khác nhau*

	Độ lệch tọa độ	Điểm kiểm tra				Trung bình sai số	Độ lệch chuẩn	Sai số trung phương
		T7	T8	T9	T10			
<b>0 Điểm KC</b>	X(m)	0.599	1.381	0.436	0.919	0.834	0.361	0.908
	Y(m)	-3.933	-4.205	-3.012	-2.902	3.513	0.566	3.558
	Z(m)	-123.1	-118.8	-120.2	-116.4	119.6	2.444	119.6
<b>3 Điểm KC</b>	X(m)	-0.037	0.052	0.098	-0.054	0.060	0.062	0.064
	Y(m)	0.265	0.101	0.091	0.059	0.129	0.080	0.151
	Z(m)	0.257	1.083	0.244	1.070	0.663	0.413	0.781
<b>4 Điểm KC</b>	X(m)	-0.021	0.061	-0.057	-0.028	0.042	0.044	0.045
	Y(m)	0.099	0.049	0.043	0.009	0.050	0.032	0.059
	Z(m)	0.455	0.563	0.127	0.083	0.307	0.206	0.370
<b>5 Điểm KC</b>	X(m)	-0.032	0.055	-0.044	-0.017	0.037	0.038	0.040
	Y(m)	0.097	0.048	0.051	0.010	0.052	0.031	0.060
	Z(m)	0.192	0.394	-0.152	-0.160	0.225	0.235	0.245
<b>6 Điểm KC</b>	X(m)	-0.018	0.061	-0.007	-0.059	0.036	0.043	0.044
	Y(m)	0.132	0.094	0.076	0.054	0.089	0.029	0.094
	Z(m)	0.137	0.456	0.023	-0.001	0.154	0.182	0.238
<b>7 Điểm KC</b>	X(m)	-0.010	0.070	-0.065	-0.050	0.049	0.052	0.054
	Y(m)	0.112	0.086	0.048	0.030	0.069	0.032	0.076
	Z(m)	0.065	0.322	-0.136	-0.176	0.175	0.197	0.198

sự đồng nhất về độ phân giải cũng như độ chồng phủ ảnh.

**5.2. Độ chính xác của bình đồ ảnh và DSM dựa trên số lượng điểm không chế**

Phần mềm Pix4Dmapper bản dùng thử được thiết lập để xử lý ảnh lập lại 6 lần tương ứng với 6 tổ hợp số lượng điểm không chế khác nhau (xem bảng 1). Trong xử lý ảnh, sử dụng ít hơn 3 điểm không chế sẽ không đủ số lượng để tiến hành tính toán bình sai và định hướng ngoài khối ảnh [9]. Do đó, độ chính xác của bình đồ ảnh phụ thuộc vào độ chính xác xác định tâm chiếu hình của máy ảnh. Độ chính xác mặt bằng các điểm kiểm tra khi không sử dụng điểm không chế mặt đất theo trục X là 0,908m, theo trục Y là 3,558m. Toàn bộ khối ảnh sẽ bị dịch chuyển về phía Nam.

Khi sử dụng 3 điểm không chế trở lên, lưới tam giác bình sai được hoàn thiện, cả khối ảnh được định hướng về hệ tọa độ VN2000. Nhìn chung, độ chính xác mặt bằng khá tốt với sai số dưới 10cm khi sử dụng trên 3 điểm không chế

(xem hình 3A). Độ chính xác mặt bằng đạt cao nhất khi dùng 5 điểm điểm không chế với sai số X là 0,039m và Y là 0,060m. Hơn nữa độ lệch chuẩn là nhỏ nhất với 3cm theo cả hai hướng cho thấy sai số ở các điểm kiểm tra là tương đối đồng đều. Khu vực bay đo thử nghiệm có hình dạng chữ nhật dài theo hướng Đông Tây, trường hợp sử dụng 6 điểm không chế (K1, K2, K3, K4, K5, K6) sẽ phân bố theo hai cạnh dài của khu bay đo với mỗi bên 3 điểm. Trường hợp 7 điểm không chế bao gồm 6 điểm trên và điểm T11 ở giữa khu đo. Mật độ điểm trong 2 trường hợp này dày hơn so với sử dụng 5 điểm không chế (4 điểm góc và 1 điểm trung tâm) nhưng thực tế, tỷ lệ khoảng cách giữa các điểm lớn hơn so với dùng 5 điểm. Do đó, sử dụng 6 hoặc 7 điểm không chế cho sai số mặt bằng lớn hơn (không đáng kể) khi sử dụng 5 điểm không chế. Điều này cho thấy, sự phân bố đều các điểm không chế có ý nghĩa quyết định hơn số lượng điểm không chế sử dụng khi tính toán bình sai khối ảnh.

Sai số về độ cao khi không sử dụng điểm



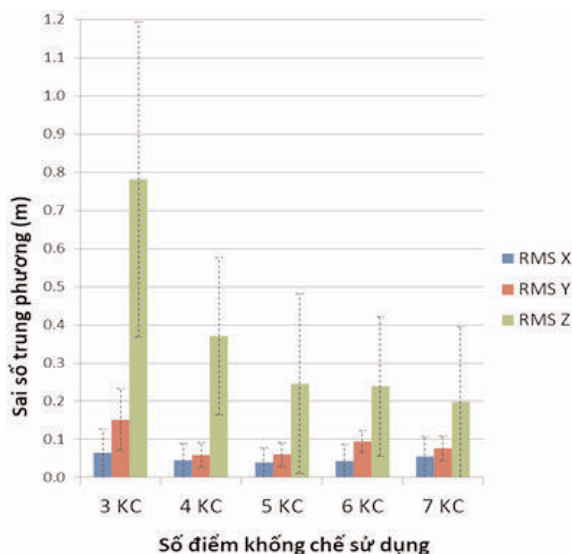
không chế là rất lớn (119,6m) (Bảng 1), không đảm bảo trong thành lập mô hình số bề mặt để thành lập bản đồ. Sai số này thực chất là chênh lệch độ cao tuyệt đối của điểm kiểm tra và độ cao trên mô hình số bề mặt tính toán từ tâm chiếu hình xác định bằng GPS gắn trên UAV tương quan với độ cao bay chụp.

Khi sử dụng từ 3 đến 7 điểm không chế, độ chính xác độ cao có xu hướng tăng theo số lượng điểm không chế sử dụng (xem hình 3A). Độ chính xác độ cao không có sự biến đổi nhiều khi sử dụng 5 và 6 điểm không chế với sai số độ cao lần lượt là 0,245 m và 0,238m. Sai độ cao chỉ còn 0,198m khi sử dụng 7 điểm không chế. Kết quả này có sự khác biệt so với nghiên cứu của Skarlatos [22] cho rằng khi sử dụng từ 4 điểm không chế độ cao thì độ chính xác của DSM không tăng, thậm chí còn giảm nhẹ. Mặt khác, kết quả của nghiên cứu phù hợp với thực nghiệm của Tarha [21] khi tăng điểm không chế độ cao từ 4 đến 9 điểm, độ chính xác mô hình số bề mặt tăng dần nhưng rất nhỏ (dưới 0.03 m). Thực tế độ cao của điểm bất kỳ trên khối ảnh được lan truyền từ điểm không chế thông qua các điểm chung trên các tấm ảnh chồng phủ [9]. Vì vậy sai số độ cao sẽ gia tăng ở những vị trí xa điểm không chế hơn. Cần thiết tối thiểu 5 điểm không chế độ cao bao gồm 4 điểm ở 4 góc và 1 điểm ở

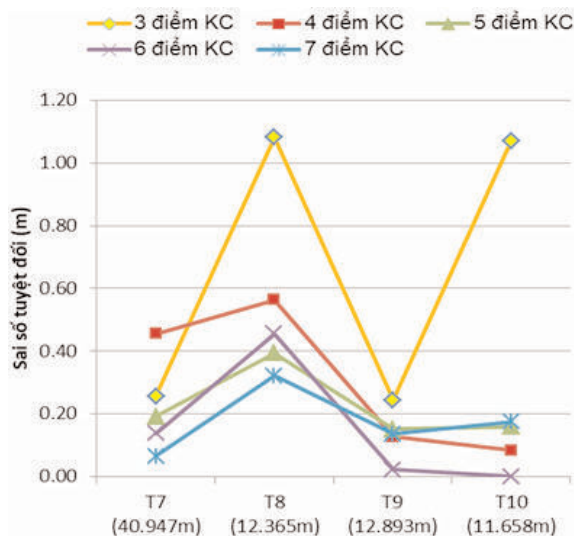
trung tâm với các khu vực vuông vắn [9, 22]. Hình 3B thể hiện sai số độ cao tuyệt đối ở các điểm kiểm tra khi sử dụng các tổ hợp điểm không chế khác nhau. Trong số 4 điểm kiểm tra (T7, T8, T9, T10), điểm T7 được bố trí trên đồi thôn Cao Lĩnh có độ cao lớn nhất trong khu vực với 40,947m. Điểm thấp nhất là T10 với 11,658m. Tuy nhiên độ chính xác của điểm T7 rất cao (sai số chỉ 0,065m khi dùng 7 điểm không chế). Trong khi điểm T8 có độ chính xác thấp nhất (sai số > 0,3m), dù độ cao tuyệt đối của T8 chỉ 12,365m. Sự khác biệt độ cao địa hình trong nghiên cứu không thể hiện tương quan với sai số của DSM. Tuy nhiên, ảnh hưởng do chênh lệch độ cao của các điểm không chế đến độ chính xác mô hình số bề mặt cần được đánh giá trong những nghiên cứu tiếp theo.

### 5.3. Khả năng thành lập bản đồ từ ảnh máy bay không người lái

Kết quả phân tích độ chính xác mặt bằng và độ cao ở các trường hợp sử dụng tổ hợp các điểm không chế cho thấy có sự khác biệt trong 2 thành phần này. Với điều kiện cụ thể của nghiên cứu, việc sử dụng 3 điểm không chế, bình đồ ảnh được thành lập có độ chính xác thấp với sai số mặt bằng 0,164m. Sử dụng 4 hoặc 5 điểm không chế cách đều nhau cho bình đồ ảnh với độ chính



Hình 3A: Sai số trung phương



Hình 3B: sai số tuyệt đối độ cao của điểm kiểm tra khi xử lý lập lại với các tổ hợp điểm không chế

xác mặt bằng lớn nhất với sai số nhỏ hơn 6cm. Theo quy định về sai số vị trí điểm ảnh trên bình đồ ảnh không vượt quá 0,4mm nhân với tỷ lệ bản đồ thành lập [13], bình đồ ảnh có thể đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/150. Sử dụng nhiều hơn 5 điểm khống chế, độ chính xác không tăng lên.

Khu vực bay đo thử nghiệm có 51% diện tích với độ dốc 2°-6°, 39% tổng diện tích có độ dốc từ 6° đến 15°. Đường bình độ cơ bản của bản đồ địa hình cho khu vực sẽ là 0,5m, 1m, 2m, 2,5m hoặc 5m tương ứng với bản đồ địa hình các tỷ lệ 1/500, 1/1000, 1/2000 và 1/5000. Sai số trung phương đo vẽ dáng đất sẽ bằng 1/3 độ cao đường bình độ cơ bản [16]. Dựa trên tính toán này, độ chính xác độ cao của DSM khi sử dụng 3 điểm khống chế sẽ đáp ứng thành lập bản đồ địa hình 1/2000 hoặc nhỏ hơn. Sử dụng 4 - 6 khống chế sẽ cho độ chính xác đảm bảo thành lập bản đồ địa hình có tỷ lệ nhỏ hơn 1/1000 với độ cao đường bình độ cơ bản lớn hơn 1m. Sử dụng 7 điểm khống chế khi thành lập DSM sẽ cho độ chính xác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ nhỏ hơn 1/500. Tuy nhiên, cần đo đạc bổ sung độ cao chi tiết ở khu vực có thực phủ khi sử dụng mô hình số bề mặt cho nội suy đường bình độ.

Tổng hợp 3 yếu tố: độ phân giải bình đồ ảnh (5,5m), độ chính xác xác định vị trí điểm ảnh và độ chính xác độ cao của DSM trong thử nghiệm này có thể đưa ra kết luận sau: 1/ Sử dụng chỉ 3 điểm khống chế tổng hợp phân bố đều để xử lý khối ảnh UAV đảm bảo thành lập bình đồ ảnh và DSM đáp ứng bản đồ địa hình có tỷ lệ nhỏ hơn 1/2000 cho khu vực có độ cao đường bình độ cơ bản  $\geq 2,5m$ . 2/ Khối ảnh được xử lý với 4-6 điểm khống chế tổng hợp sẽ đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ nhỏ hơn 1/1000 cho khu vực có đường bình độ cơ bản  $\geq 1m$ . 3/ Với 7 điểm khống chế sẽ đảm bảo xây dựng bản đồ địa hình tỷ lệ nhỏ hơn 1/500. Bảng 3 thể hiện các tỷ lệ bản đồ địa hình có thể thành lập được từ DSM và bình đồ ảnh xây dựng từ ảnh UAV với khu vực có độ dốc tương ứng trong khu vực nghiên cứu.

## 6. Kết luận

Quy trình tổng quát thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh từ ảnh máy bay không người lái có thể áp dụng phổ biến cho các nghiên cứu tương tự. Tùy thuộc vào nhu cầu thành lập bản đồ, điều kiện thực tế về công nghệ, kỹ thuật, kinh phí, các bước thiết kế bay đo và phương pháp xử lý ảnh cần điều chỉnh phù hợp.

Đặc điểm địa hình cũng là một yếu tố cần cân nhắc khi tính toán các tham số bay đo. Khu vực thử nghiệm mang đặc trưng của vùng trung du với địa hình phong phú, độ dốc từ 0° đến trên 15°, độ cao bay 200m, độ phân giải ảnh 5,5 cm, độ phủ ngang và dọc tương ứng là 75% và 85%.

Kết quả nghiên cứu độ chính xác cho thấy sử dụng ảnh máy bay không người lái có thể thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh để thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1/500) với giá thành thấp và độ chính xác cao.

Bên cạnh yếu tố về thiết bị và quy trình bay chụp, điểm khống chế ảnh là hợp phần quan trọng, quyết định độ chính xác của sản phẩm. Kết quả phân tích đã chỉ ra sự phân bố đều của các điểm khống chế có ý nghĩa quyết định hơn là số lượng điểm khống chế khi tính toán bình sai khối ảnh. Với một khu đo vuông vắn, kích thước trong khoảng 2km<sup>2</sup>, cần 5 điểm khống chế mặt bằng và độ cao phân bố đều. Phụ thuộc vào khả năng kinh phí, có thể tăng số lượng điểm khống chế độ cao để tăng độ chính xác mô hình số bề mặt. Trong tương lai, với sự phát triển của công nghệ, thiết bị thu GPS gắn trên máy bay sẽ được tăng cường độ chính xác, độ cao bay chụp sẽ tự động thay đổi theo sự biến thiên địa hình.

*Bảng 1: Các tỷ lệ bản đồ có thể thành lập tương ứng với số điểm khống chế*

Số lượng điểm KC	Sai số Z (m)	Độ dốc 2°- 6°	Độ dốc 6°- 15°
3 điểm	0.781	1/2000	1/2000
4 điểm	0.370	1/1000	1/500
5 điểm	0.245	1/1000	1/500
6 điểm	0.238	1/1000	1/500
7 điểm	0.198	500	1/500

Việc xây dựng mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh từ thiết bị bay không người lái sẽ được tối giản và tăng cường độ chính xác của sản phẩm. Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu quy trình và thử nghiệm thành lập mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh trực giao từ ảnh máy bay không người lái” - mã số VAST01.07/16-17 được chủ trì thực hiện bởi Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. ○

### **Tài liệu tham khảo**

[1]. Đào, N.L., Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thành lập bản đồ (địa hình và địa chính) từ ảnh chụp bằng máy chụp ảnh số phổ thông lắp trên máy bay không người lái M100-CT điều khiển bằng sóng Radio. (2013).

[2]. Bùi, T.D., Nguyễn, C.V., Hoàng, M.H., Đồng, B.P., Nhữ, V.H., Trần, T.A., Nguyễn, Q.M., 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 với ứng phó biến đổi khí hậu, pp. 1-17, Hà Nội (2016).

[3]. Tahar, K.N., Ahmad, A., Akib, W.A.A.W.M., Mohd, W.M.N.W., A new approach on production of slope map using autonomous Unmanned aerial vehicle. International Journal of Physical Sciences 7,5678-5686 (2012).

[4]. Ouédraogo, M.M., Degré, A., Debouche, C., Lisein, J., The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds. Geomorphology 214,339-355 (2014).

[5]. Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., Dem generation with uav photogrammetry and accuracy analysis in sahitler hill. Measurement (2015).

[6]. Vũ, P.L., Vũ, V.C., Nguyễn, V.G., Bay chụp ảnh bằng máy bay không người lái (UAV) thành lập bản đồ không gian 3 chiều (3D). Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ 31,23-28 (2017).

[7]. Ngô, T.P.T., Bùi, T.D., Mai, T.M., Nguyễn, Q.K., Nguyễn, T.A., Ngô, H.L., Nguyễn, Q.L., Đánh giá độ chính xác mô hình số bề mặt và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh máy bay không người lái (UAV). Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ- Địa chất 58,18-27 (2017).

[8]. Tong, S.S., Nguyen, V.G., Vu, P.L., Le, Q.T., Tong, T.H.A., Vu, H.L., Pham, V.H., Vu, T.D., Vu, V.C., Accuracy assessment of uav photogrammetry for mapping mangrove forest: case study in Xuan Thuy national park, Vietnam. In: Nguyen, Q.L., Pham, T.L., Nguyen, V.N., Khuong, T.H., Le, T.T.H., La, P.H. (eds.) Geospatial technologies and earth resources (GTER 2017), pp. 197-204. Publishing House for Science and Technology (2017).

[9]. Pix4D SA, Pix4D mapper 2.1 user manual Pix4D, Switzerland (2016).

[10]. Clapuyt, F., Vanacker, V., Van Oost, K., Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-from-Motion algorithms. Geomorphology 260,4-15 (2016).

[11]. Stöcker, C., Bennett, R., Nex, F., Gerke, M., Zevenbergen, J., Review of the Current State of UAV Regulations. Remote Sensing 9,459 (2017).

[12]. Koeva, M., Muneza, M., Gevaert, C., Gerke, M., Nex, F., Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda. Survey Review 1-14 (2016).

[13]. Bộ TNMT, Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ Địa hình tỷ lệ 1:2000 và 1:5000 bằng công nghệ Ảnh số. In: trường, B.T.n.v.M. (ed.), (2005).

[14] Bộ TNMT, Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 10000, 1: 25000 và 1: 50000 bằng công nghệ ảnh số (2005).

[15] Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, TCVN: Đo ảnh địa hình - Thiết kế và bay chụp ảnh địa hình bằng công nghệ có gắn hệ thống định vị GNSS/ IMU In: Nam, C.Đ.đ.v.B.đ.V.

(ed.). Bộ Khoa học và Công nghệ (2012).

[16]. Bộ TNMT, Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. In: Bộ TNMT (ed.), vol. 68/2015 TT-BTNMT, (2015).

[17]. Hugenholtz, C., Brown, O., Walker, J., Barchyn, T., Nesbit, P., Kucharczyk, M., Myshak, S., Spatial Accuracy of UAV-Derived Orthoimagery and Topography: Comparing Photogrammetric Models Processed with Direct Geo-Referencing and Ground Control Points. *GEOMATICA* 70,21-30 (2016).

[18]. Fazeli, H., Samadzadegan, F., Dadrasjavan, F., Evaluating the Potential of Rtk-Uav for Automatic Point Cloud Generation in 3d Rapid Mapping. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLI-B6*,221-226 (2016).

[19]. Campos, I.S., Nascimento, E.R., Freitas, G.M., Chaimowicz, L., A Height

Estimation Approach for Terrain Following Flights from Monocular Vision. *Sensors* (Basel) 16,(2016).

[20]. Mesas-Carrascosa, F.J., Notario Garcia, M.D., Merono de Larriva, J.E., Garcia-Ferrer, A., An Analysis of the Influence of Flight Parameters in the Generation of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Orthomosaics to Survey Archaeological Areas. *Sensors* (Basel) 16,(2016).

[21]. Tahar, K.N., An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-2/W2*,93-98 (2013).

[22]. Skarlatos, D., Procopiou, E., Stavrou, G., Gregoriou, M., Accuracy assessment of minimum control points for UAV photography and georeferencing. In: *First International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment SPIE Proceedings* (Year).○

## Summary

### Research and application of UAV photogrammetry for the derivations of orthophoto and digital surface model

*Tong Si Son, Tong Thi Huyen Ai, Nguyen Vu Giang, Space Technology Institute, Vietnam Academy of Science and Technology*

*Pham Viet Hoa, Hochiminh city Institute of Resource Geography, Vietnam Academy of Science and Technology*

*Vu Phan Long, Defense Mapping Agency*

The derivations of orthophoto and DSM from UAV photos have been widely used. It was indicated the advantages in accuracy, mobility, and economy compared to traditional approaches. In Vietnam, the applications of UAV photogrammetry are in initial stages, and their achievements are varied depends on the capacity and experience of implementation institutions. This study aims to 1/ propose a implementation workflow of UAV photogrammetry for orthophoto and DSM derivation; 2/ apply of proposed workflow for DSM and orthophoto generation; 3/ evaluate the potential application of UAV photogrammetry. The pilot application in Bavi, Hanoi showed: the efficient and feasibility of the UAV photo capturing processes; the significant contribution of the spatial distribution of ground control points compared to their quantity; the accuracy of derivated orthophoto and DSM were adapted to topographic maps at the scale of 1/500 if seven ground control points were utilized.○