

Số: 341 /QĐ-MĐC

Hà Nội, ngày 24 tháng 3 năm 2025

QUYẾT ĐỊNH

Về việc cho phép thực hiện báo cáo học thuật
tại các Bộ môn trong học kỳ II năm học 2024-2025

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

Căn cứ Luật Giáo dục đại học ngày 18/6/2012 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Giáo dục đại học ngày 19/11/2018;

Căn cứ Nghị định số 99/2019/NĐ-CP ngày 30/12/2019 về việc quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Giáo dục đại học;

Căn cứ Thông tư liên tịch số 07/2009/TTLT-BGDĐT-BNV ngày 15/4/2009 của Bộ Giáo dục và Đào tạo và Bộ Nội vụ hướng dẫn thực hiện quyền tự chủ, tự chịu trách nhiệm và thực hiện nhiệm vụ, tổ chức bộ máy, biên chế đối với đơn vị sự nghiệp công lập giáo dục và đào tạo;

Căn cứ Chương IV của Quy định về Quản lý hoạt động Khoa học công nghệ quy định về việc Quản lý hoạt động nghiên cứu sinh hoạt học thuật của các giảng viên và cán bộ khoa học tại các bộ môn, ban hành theo Quyết định số 2311/QĐ-MĐC, ngày 25/12/2023;

Theo đề nghị của ông Trưởng phòng Khoa học Công nghệ.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Cho phép thực hiện các báo cáo học thuật (có danh mục kèm theo) trong học kỳ II năm học 2024-2025.

Điều 2. Các giảng viên và cán bộ khoa học có tên trong Điều 1 có trách nhiệm thực hiện báo cáo học thuật theo Quy định của Nhà trường đúng với nội dung thực hiện và thời gian đã được đăng ký.

Điều 3. Các ông (bà) Trưởng phòng Khoa học Công nghệ, Trưởng phòng Kế hoạch Tài chính, Trưởng các Khoa, Bộ môn, các giảng viên và cán bộ khoa học có tên tại Điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này./.

Nơi nhận:

- Như điều 3;
- PHT (để phối hợp chỉ đạo);
- HUMG eOFFICE;
- Lưu: HCTH, KHTC, KHCN.



PHÓ HIỆU TRƯỞNG
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh

DANH MỤC BÁO CÁO HỌC THUẬT
THỰC HIỆN TRONG HỌC KỲ II NĂM HỌC 2024-2025
(kèm theo Quyết định số 341 /QĐ-MĐC ngày 24 tháng 3 năm 2025)

TT	Họ và tên người báo cáo	Tên báo cáo học thuật	Thời gian báo cáo dự kiến
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN			
Bộ môn Mạng máy tính			
1	Nguyễn Tuấn Anh	Viết chương trình ra đề thi tự luận cho thuật toán RSA trong học phần Cơ sở an ninh mạng	6/2025
2	Trương Xuân Bình	Nghiên cứu phát hiện bất thường trong mạng IoT: Hướng tiếp cận nâng cao bảo mật.	6/2025
3	Đỗ Như Hải	Tìm hiểu các lược đồ chữ ký số kháng lượng tử	6/2025
4	Trần Thị Thu Thúy	Mô phỏng một số Kỹ thuật điều chế sử dụng thư viện Matplotlib và Numpy.	6/2025
5	Đào Anh Thư	Đề xuất cập nhật đề cương chi tiết học phần 7080724 - Tiếng Anh chuyên ngành mạng 3TC	6/2025
6	Đặng Quốc Trung	Một vài phương pháp khai phá luật kết hợp dựa trên các mẫu phổ biến	6/2025
Bộ môn Khoa học máy tính			
7	Đặng Văn Nam	Phương pháp GridSearch và RandomSearch trong việc xác định tham số tối ưu (Hyperparameter Tuning) của mô hình học máy	6/2025
8	Nông Thị Oanh	Sử dụng phần mềm planUML hỗ trợ trong phân tích và thiết kế hướng đối tượng.	6/2025
9	Nguyễn Duy Huy	Nghiên cứu giải pháp phát triển ứng dụng Android cho hệ thống IoT	6/2025
10	Nguyễn Thị Phương Bắc	Lưu trữ và truy xuất dữ liệu thời gian thực trên Firebase với ESP32	6/2025
Bộ môn Tin học Trắc địa			
11	Trần Trung Chuyên	Thiết kế câu hỏi trắc nghiệm đảm bảo đánh giá kiến thức và kỹ năng thực hành trong môn học có lập trình.	6/2025
12	Trần Mai Hương	Nghiên cứu trang postgis.net biên soạn bài tập thực hành cho môn học "Hệ thống cơ sở dữ liệu không gian"	6/2025
13	Đinh Bảo Ngọc	Nghiên cứu kết hợp nội dung giảng dạy các môn: GIS cho phát triển ứng dụng, Hệ thống cơ sở dữ liệu không gian, Công nghệ thông tin địa học đại cương, Phân tích thông tin địa lý	6/2025
14	Nguyễn Văn Thắng	Blockchain và tiềm năng ứng dụng trong giáo dục trực tuyến.	6/2025
15	Trần Thị Hòa	Nghiên cứu biên soạn giáo trình và bộ đề kiểm tra môn học "Tiếng Anh dành cho Khoa học Dữ liệu"	6/2025
16	Ngô Thị Phương Thảo	Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nhận diện hình ảnh phục vụ cho việc giảng dạy môn Trí tuệ nhân tạo.	6/2025
Bộ môn Hệ thống thông tin và tri thức			
17	Dương Chí Thiện	Thuật toán Affine và Kỹ thuật thám mã phá khóa bí mật.	6/2025
18	Phạm An Cường	Nghiên cứu ngôn ngữ lập trình solidity và ứng dụng blockchain ethereum	6/2025

TT	Họ và tên người báo cáo	Tên báo cáo học thuật	Thời gian báo cáo dự kiến
196	Phạm Thị Kim Thoa	Hướng dẫn viết báo cáo đề tài Lập và đánh giá hiệu quả tài chính phương án đầu tư phát triển bất động sản	7/2025
197	Đinh Hải Nam	Thuận lợi và khó khăn thực hiện công tác kê khai đăng ký, cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu tài sản gắn liền với đất theo luật đất đai 2024	7/2025
198	Nguyễn Thị Dung	Những điểm mới của Luật đất đai 2024 tác động đến sự phát triển kinh tế - xã hội	7/2025
199	Nguyễn Thế Công	Xây dựng bộ công cụ tạo hệ thống biểu thống kê, kiểm kê đất đai theo Thông tư 08	7/2025
200	Trần Xuân Miến	Công tác kiểm kê đất đai 2024	7/2025
201	Trần Đình Thành	Phân tích đánh giá dự án đầu tư có sử dụng nguồn vốn vay	7/2025
202	Nguyễn Thị Hiền	Quy trình thực hiện đăng ký đất đai, cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu tài sản gắn liền với đất theo luật đất đai 2024	7/2025
203	Trần Thùy Dương	Bàn về thuật toán phân loại đám mây điểm.	7/2025
204	Nguyễn Thị Kim Yên	Quy định kỹ thuật về lập, điều chỉnh quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất	7/2025
205	Phùng Minh Sơn	Sử dụng Agisoft phân loại các đám mây điểm 3D để tạo ra các đường đồng mức và DTM	7/2025
Bộ môn Đo ảnh và Viễn thám			
206	Trần Trung Anh	Xây dựng tiêu chí cho bản đồ phụ phục vụ minh họa cho công bố khoa học tại trường Đại học Mỏ - Địa chất	6/2025
207	Nguyễn Văn Trung	Tìm hiểu về trình tự, thủ tục về xây dựng, thẩm tra, thẩm định và công bố về TCVN (ví dụ về lĩnh vực Viễn thám)	6/2025
208	Lê Thanh Nghị	Xác định một số chỉ số chất lượng nước bằng công nghệ viễn thám	6/2025
209	Đoàn Thị Nam Phương	Phát hiện cháy rừng sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-3 SLSTR	6/2025
210	Nguyễn Minh Hải	Ứng dụng điện toán đám mây và công thức OC3 để xác định hàm lượng Chl-a cho nước mặt từ dữ liệu viễn thám	6/2025
211	Phạm Thị Thanh Hòa	Khả năng ứng dụng công nghệ viễn thám trong nghiên cứu thiên tai	6/2025
212	Trần Thanh Hà	Khả năng ứng dụng ảnh Sentinel 3 trong ước tính nồng độ Chl-a khu vực biển ven bờ	6/2025
Bộ môn Trắc địa Mỏ			
213	Lê Thị Thu Hà	Định lượng tác động của phân vùng khí hậu địa phương đối với thay đổi nhiệt độ bề mặt ngày/đêm: nghiên cứu điển hình tại đô thị thành phố Hồ Chí Minh	7/2025
214	Phạm Thị Làn	Xây dựng DEM sử dụng tư liệu viễn thám	7/2025
215	Lê Văn Cảnh	Ước tính hàm lượng chất diệp lục trên lá phục vụ đánh giá sức khỏe cây lúa từ dữ liệu ảnh UAV	7/2025
216	Võ Ngọc Dũng	Báo cáo đề xuất xác định tâm và trục giếng đứng phục vụ đo biến dạng và kiểm tra các yếu tố hình học trong lòng giếng	7/2025
217	Phạm Công Khải	Phát hiện dịch chuyển từ chuỗi dữ liệu định vị GNSS	7/2025

TT	Họ và tên người báo cáo	Tên báo cáo học thuật	Thời gian báo cáo dự kiến
		RTK trong quan trắc biến dạng	
218	Nguyễn Quốc Long	Những điều cần lưu ý khi thành lập bản đồ địa hình mở lộ thiên bằng công nghệ bay không người lái	7/2025
219	Nguyễn Viết Nghĩa	Nghiên cứu ứng dụng công cụ AI mở phụ vụ trong công tác marketing bất động sản đô thị	7/2025
220	Phạm Văn Chung	Ứng dụng công nghệ quét Laser 3D xây dựng mô hình 3D (Lod2) đường hầm lò Núi Béo	7/2025
Bộ môn Trắc địa phổ thông và Sai số			
221	Hoàng Anh Tuấn	Tích hợp hệ thống GNSS và IMU	7/2025
222	Hoàng Thị Thuý	Khảo sát độ chính xác của việc ứng dụng dữ liệu máy bay không người lái (UAV) và hàm đa thức trong thành lập dữ liệu nền địa hình đối với khu vực có phủ thực vật	7/2025
223	Lê Ngọc Giang	Ứng dụng công nghệ vệ tinh GNSS trong công tác đo đạc hiện nay	7/2025
224	Nguyễn Thị Thu Hương	Nghiên cứu một số thông số miêu tả địa hình và phương pháp lấy mẫu nhằm mô hình hoá địa hình kỹ thuật số.	7/2025
225	Lưu Anh Tuấn	Nghiên cứu các thuật toán trong nội suy bề mặt phục vụ thành lập bản đồ ô nhiễm không khí	7/2025
226	Nguyễn Quang Minh	Một số vấn đề về ứng dụng xác suất thống kê trong Trắc địa	7/2025
Bộ môn Bản đồ			
227	Nguyễn Danh Đức	So sánh kết quả bay chụp ảnh địa hình từ UAV sử dụng dữ liệu định vị tức thời từ mạng VNGEONET và sử dụng dữ liệu định vị tương đối động xử lý sau PPK.	6/2025
228	Đỗ Thị Phương Thảo	Giám sát chất lượng không khí tại khu dự trữ sinh quyển Cần Giờ (Tp Hồ Chí Minh, Việt Nam) bằng dữ liệu vệ tinh và GEE	6/2025
229	Dương Anh Quân	Sử dụng GIS và dữ liệu không gian mở trong đánh giá thích nghi cây Tam thất bắc khu vực miền núi phía bắc	6/2025
230	Trần Thị Tuyết Vinh	Nghiên cứu hiệu chỉnh tham số hàm nội suy KDE phù hợp với dữ liệu xã hội	6/2025
231	Phạm Văn Hiệp	Phương pháp tách lớp phủ thực vật từ dữ liệu ảnh UAV	6/2025
Bộ môn Trắc địa công trình			
232	Phạm Trung Dũng	Quy trình trích xuất đối tượng từ ảnh UAV sử dụng mô hình học sâu	6/2025
233	Phạm Quốc Khánh	Tìm hiểu ứng dụng biến đổi Wavelet lọc số liệu GNSS đo liên tục	6/2025
234	Nguyễn Việt Hà	Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong quản lý phát triển đô thị và bất động sản ở Việt Nam	6/2025
235	Nguyễn Hà	Nghiên cứu giải pháp Quy hoạch đô thị tích hợp ở Việt Nam	6/2025
Bộ môn Trắc địa cao cấp			
236	Nguyễn Gia Trọng	Ứng dụng mô hình học sâu trong dự báo giá trị độ cao điểm	6/2025
237	Phạm Ngọc Quang	Đánh giá kết quả xử lý dữ liệu GNSS tương đối tĩnh sử	6/2025

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



**BÁO CÁO HỌC THUẬT
KỲ 2 NĂM HỌC 2024-2025**

**NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý KHI THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH
MỎ LỘ THIÊN BẰNG CÔNG NGHỆ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI**

Người báo cáo: PGS.TS Nguyễn Quốc Long

Đơn vị: Bộ môn Trắc địa mỏ

Khoa: Trắc địa – Bản đồ và Quản lý đất đai

HÀ NỘI, 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



BÁO CÁO HỌC THUẬT
KỲ 2 NĂM HỌC 2024-2025

NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý KHI THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH
MỎ LỘ THIÊN BẰNG CÔNG NGHỆ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

Phòng KHCN

Bộ môn

Người báo cáo

PGS.TS Nguyễn Quốc Long

HÀ NỘI, 2025

MỤC LỤC

MỤC LỤC	3
DANH MỤC CÁC BẢNG	4
DANH MỤC CÁC HÌNH	5
1. Tổng quan về UAV	5
1.1 Khái niệm	6
1.2 Phân loại	6
1.3 Nguyên lý cấu tạo của UAV lên thẳng	9
1.4 Nguyên lý cấu tạo thiết bị bay không người lái có tích hợp RTK	11
1.5 Phương thức định vị tâm chụp bằng định vị GNSS động	12
2. Tổng quan ứng dụng UAV trong thành lập bản đồ địa hình mở lộ thiên	14
3. Những lưu ý khi ứng dụng UAV thành lập bản đồ địa hình mở lộ thiên	17
3.1 Đặc điểm địa hình mở	17
3.2 Bố trí tiêu khống chế ảnh	18
3.3 Lựa chọn phương pháp bay chụp	18
3.4 Thiết kế bay chụp ảnh	19
3.5. Biên vẽ bản đồ	21
KẾT LUẬN	23
TÀI LIỆU THAM KHẢO	24

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1 So sánh giữa ba loại UAV	7
---------------------------------------	---

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1 Mô số loại UAV	6
Hình 2 UAV có tích hợp GNSS động (UAV/RTK)	9
Hình 3 DJI Phantom 4 Pro và các phụ kiện	9
Hình 4 Thân máy bay (Dji.com)	10
Hình 5 Điều khiển UAV	11
Hình 6. DJI Phantom 4 RTK và các thiết bị đi kèm [14]	11
Hình 7. Các bộ phận của UAV/RTK [14]	12
Hình 8. Phương thức định vị tâm chụp GNSS/RTK	13
Hình 9. Phương thức định vị tâm chụp GNSS/PPK	13
Hình 10. Mặt cắt địa hình khu vực nghiên cứu theo hướng vuông góc với bờ tầng	17
Hình 11. Mặt cắt địa hình khu vực nghiên cứu theo hướng đường phương của bờ tầng	17
Hình 13. UAV bay theo dáng địa hình.....	19
Hình 14. UAV bay theo độ cao bay cố định	19
Hình 15. Vị trí cất cánh của UAV được thiết kế trên địa hình.....	20
Hình 16. Thiết kế bay chụp thành lập bản đồ mô phỏng trên phần mềm GS Pro	20
Hình 17. Vẽ các đối tượng địa vật trên DSM.....	21
Hình 18. Tạo đường đồng mức từ DSM	21
Hình 19. Xuất điểm có tọa độ XYH từ DSM.....	22

1. Tổng quan về UAV

1.1 Khái niệm

Máy bay không người lái UAV “Unmanned Aerial Vehicle”, là thiết bị bay mà không có người điều khiển ở trên máy bay, quá trình vận hành được thực hiện thông qua điều khiển từ xa. Các máy bay bay ở độ cao thấp, khoảng cách bay không xa thường được điều khiển bằng sóng radio, đối các loại máy bay UAV tầm xa được điều khiển thông qua các vệ tinh trung gian.

Trong thập kỷ vừa qua, thế giới đã chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của các kỹ thuật chụp ảnh hàng không, với việc thu nhận ảnh được thực hiện từ các máy ảnh gắn trên UAV [1]. Mặc dù vẫn tồn tại nhược điểm đó là thời gian xử lý ảnh lớn nhưng UAV đã trở thành một sự thay thế hợp lý cho công nghệ đắt đỏ như Lidar [2, 3]. Gần đây, UAV đã được ứng dụng khá phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau như khảo cổ và bảo tồn di sản văn hóa, quan trắc và bảo vệ môi trường [4-7], đo đạc địa hình và công trình [8-10] và giám sát nông lâm nghiệp [11-13].

1.2 Phân loại

Việc phân loại UAV được thực hiện dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như kích cỡ, phương pháp vận hành và đặc điểm cấu tạo. Tuy nhiên, trong lĩnh vực Trắc địa - Bản đồ, đa số sử dụng các loại máy bay nhỏ, tầm bay thấp. Đối với máy bay này phân loại dựa vào nguyên lý cất hạ cánh của chúng, và gần đây UAV đã được nghiên cứu tích hợp định vị GNSS động để nâng cao độ chính xác định vị tâm ảnh. Do vậy, UAV có thể được chia thành hai loại theo phương pháp định vị tâm chụp.

*Phân loại UAV theo nguyên lý cất hạ cánh, UAV được chia làm ba loại thông: dùng bộ phóng, lên thẳng, và kết hợp (hình 1). Đặc điểm của từng loại được mô tả trong Bảng 1.



(a)



(b)



(c)

Hình 1 Một số loại UAV

a. UAV dùng bộ phóng, b. UAV lên thẳng, c. Kết hợp

Bảng 1 So sánh giữa ba loại UAV

Cách thức cất cánh/hạ cánh	Dùng bộ phóng	Lên thẳng	Kết hợp
Khu vực cất/hạ cánh	Rộng	Nhỏ	Nhỏ
Thời gian bay	Dài (70÷90 phút)	Ngắn (15÷30 phút)	Dài (70÷90 phút)
Diện tích bay chụp	Rộng	Nhỏ	Rộng
Độ phân giải mặt đất (GSD)	Có thể đạt 1.5 cm/pixel	Có thể đạt 0.1 cm/pixel	Có thể đạt 1.5 cm/pixel
Tốc độ bay	Cao (40÷90 km/h)	Thấp (14÷60 km/h)	Cao (40÷90 km/h)
Công việc	Thành lập bản đồ khu vực rộng	Thành lập bản đồ khu vực nhỏ;	Thành lập bản đồ khu vực rộng
Ứng dụng	Khảo sát, nông nghiệp, GIS, môi trường, xây dựng.	Quay phim, chụp ảnh, khảo sát, xây dựng.	Khảo sát, nông nghiệp, GIS, môi trường, xây dựng.

Máy bay có bộ phóng (hình 1a) được thiết kế cánh bằng cố định, không tự cất và cánh được, cần phải có bộ phóng để giúp máy bay cất cánh, khi hạ cánh cần dù để hỗ trợ. Đây là một nhược điểm của loại máy bay này, vị trí cất hạ cánh cho máy bay vì thế đòi hỏi phải có một khu tương đối rộng, bằng phẳng, thông thoáng. Tuy nhiên, thiết bị này lại có ưu điểm là thời gian bay chụp lâu, mỗi lần cất cánh có thể bay được tối đa 1h30' đồng hồ. Do máy bay to, trọng lượng lớn nên việc bay chụp sẽ ổn định, chịu được sức gió lớn hơn các dòng máy bay nhỏ.

Để khắc phục nhược điểm cất hạ cánh của máy bay dùng bộ phóng, các loại UAV cánh nâng – UAV lên thẳng (hình 1b) ra đời. Thiết bị này được thiết kế cánh quạt nâng là các cặp cánh quay ngược chiều nhau, thông thường số cánh quạt có thể là 4, 6 cánh hoặc nhiều hơn. Máy bay loại này khi vận hành không thể tận dụng được sức nâng từ không khí như máy bay cánh bằng nên bị hạn chế về thời gian bay do giới hạn về dung

lượng pin. Tuy nhiên, máy bay có thể hoạt động trong không gian nhỏ hẹp mà vẫn đảm bảo an toàn.

Kết hợp ưu điểm cả của hai loại máy bay trên và khắc phục nhược điểm của chúng, các hãng chế tạo máy bay UAV đã cho ra đời các máy bay cánh bằng có gắn thêm cánh quạt (hình 1c). Máy bay này cất cánh theo nguyên lý của máy bay lên thẳng, bay chụp đo vẽ theo nguyên lý của máy bay cánh bằng. Do vậy, máy bay có đầy đủ các ưu điểm của máy bay cánh bằng như bay cao và thời gian bay lâu, trong khi có thể cất hạ cánh trong không gian nhỏ hẹp như máy bay cánh quạt. Tính cơ động của máy bay loại này được tăng lên rõ ràng.

* Phân loại theo phương pháp định vị tâm ảnh, UAV được chia làm hai loại: UAV thông thường và UAV có tích hợp RTK (hay còn gọi là UAV có RTK và UAV không có RTK)

UAV không có RTK: đây là các UAV sử dụng thiết bị thu GNSS một tần số (single-frequency) cho mục đích dẫn đường (navigation), thiết bị GNSS cung cấp tọa độ tâm ảnh theo phương pháp định vị tuyệt đối, các thông số này được lưu trong file EXIF metadata được tạo ra trong quá trình bay chụp. Do tọa độ tâm chụp được đo trong hệ tọa độ GNSS (hệ tọa độ quốc tế WGS84) và độ chính xác định vị tâm ảnh là vài mét nên khi sử dụng các loại máy bay này cần có một số lượng điểm khống chế ảnh mặt đất nhất định để đưa các ảnh về đúng vị trí trong hệ tọa độ địa phương, đồng thời hiệu chỉnh các sai số để có được các mô hình DSM và ảnh trước giao đạt độ chính xác theo yêu cầu.

UAV/RTK: ngoài các tính năng như UAV không có RTK, UAV/RTK được tích hợp thêm 01 thiết bị đo GNSS đa tần. Thiết bị thu GNSS đa tần có thể thu tín hiệu từ nhiều hệ thống khác nhau như GPS, Glonass, Galileo, và Compass. Khi tích hợp GNSS lên máy bay các hãng sản xuất đã đưa ra các giải pháp nhằm đồng bộ giữa thời gian chụp ảnh của máy bay, thời gian GNSS định vị tâm ảnh để cho phép xác định tâm ảnh với độ chính xác đến cm.



Hình 2 UAV có tích hợp GNSS động (UAV/RTK)

a. DJI Phantom 4 RTK, b. Leica Aibot SX RTK

1.3 Nguyên lý cấu tạo của UAV lên thẳng



Hình 3 DJI Phantom 4 Pro và các phụ kiện

UAV lên thẳng được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực trắc địa bản đồ, phù hợp với các khu vực địa hình có diện tích vừa và nhỏ. UAV lên thẳng có thể do nhiều hãng sản xuất khác nhau như: Trimble, Leica, DJI... Nhưng về cơ bản đều có hai bộ phận chính: Thân máy bay và điều khiển từ xa, ngoài ra có các phụ kiện kèm theo như Pin, cánh quạt, sạc, màn hình để lắp vào điều khiển ...

1.3.1 Thân máy bay

Phần thân chính trong hệ thống máy bay không người lái là thành phần rất quan trọng. Máy bay đóng vai trò là vật mang, mang theo máy ảnh tới các vị trí cần chụp ảnh theo thiết kế. Các bộ phận chính của nó bao gồm: máy ảnh, mô tơ, pin (Hình 1.4). Phần thân chính của máy bay được thiết kế gọn gàng, chắc chắn và nhẹ. Khung thân máy bay có thể gắn liền hoặc có thể tháo lắp được với khung đỡ máy ảnh. Thiết kế với khung đỡ máy ảnh giúp giảm bớt các tác động rung động của máy bay đến máy chụp ảnh, giảm

bớt độ xóc của máy bay đến máy ảnh khi cất, hạ cánh cũng như khi chạy trên mặt đất (đối với máy bay cánh bằng).



Hình 4 Thân máy bay (Dji.com)

Bên trong máy bay có tích hợp cả chip cảm biến tránh va đập, cảm biến đo khoảng cách từ máy bay đến bề mặt địa hình bay chụp. Cảm biến đo nhiệt độ áp suất, tốc độ gió để cảnh báo cho người điều khiển biết khi máy bay tới hoặc vượt các ngưỡng cho phép, nhằm đảm bảo an toàn cho máy bay. Ngoài ra, bên trong thân máy bay được gắn thiết bị định vị GNSS để xác định quỹ đạo chuyển động của máy bay cũng như định vị được tâm các bức ảnh khi chụp.

Một số loại máy bay như Phantom4 máy ảnh sẽ gắn liền vào thân máy bay, không thay đổi được máy ảnh khác để sử dụng. Tuy nhiên, một số loại máy bay như Inspire, Trimble ZX, Matric... máy ảnh được thiết kế có thể tháo rời, và thay máy ảnh khác cùng loại khi cần thiết.

1.3.2 Điều khiển máy bay

Điều khiển UAV được dùng để thiết kế toàn bộ hoạt động cho UAV theo mục đích của người sử dụng: thiết kế dải bay, tốc độ bay chụp, vị trí chụp ảnh, chất lượng ảnh, độ cao bay chụp. Điều khiển dùng để kiểm soát mọi hoạt động của UAV trong quá trình bay chụp. Trong quá trình UAV đang bay chụp ảnh, có thể dùng điều khiển để thay đổi kế hoạch hoặc gọi UAV về khi cần thiết.



(a)



(b)

Hình 5 Điều khiển UAV

a. Điều khiển màn hình rời; b. Điều khiển màn hình liền

Điều khiển UAV được chia làm hai loại: Điều khiển màn hình rời và điều khiển màn hình liền (Hình 5). Đối với điều khiển màn hình liền, toàn bộ phần mềm đã được tích hợp trong điều khiển, màn hình có sẵn chỉ dùng cho mục đích điều khiển bay chụp. Điều khiển màn hình rời, cho phép người dùng sử dụng linh hoạt hơn. Có thể sử dụng ipad hoặc smart phone để làm màn hình điều khiển. Các phần mềm điều khiển bay được lấy trên các kho phần mềm ứng dụng của các hãng sản xuất như Apple, Samsung.

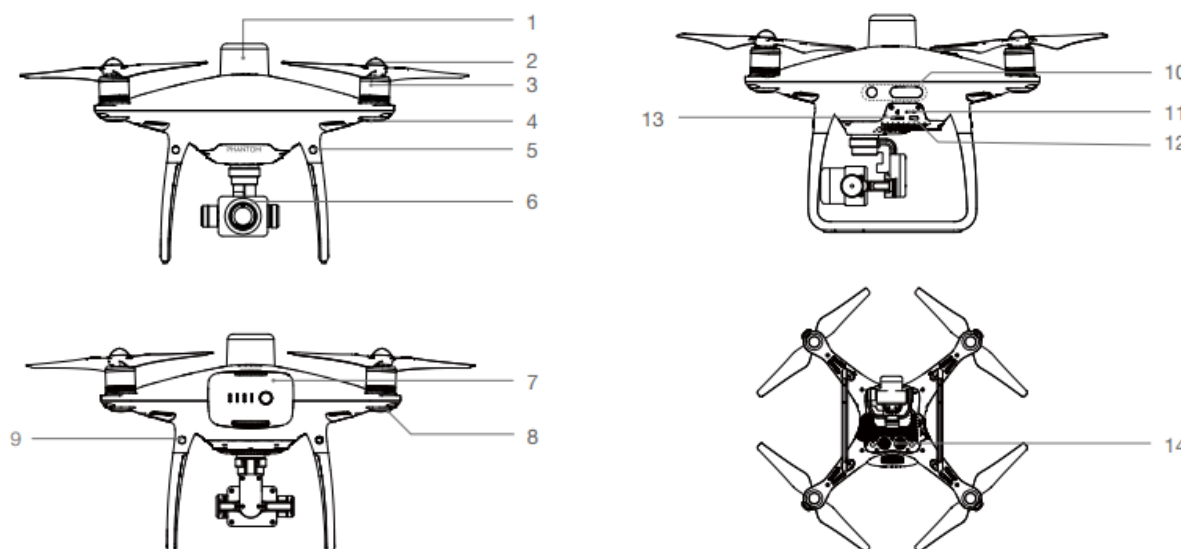
1.4 Nguyên lý cấu tạo thiết bị bay không người lái có tích hợp RTK

UAV/RTK mô hình chung đều có nguyên lý cấu tạo gồm có 3 bộ phận chính: Thân máy bay, Điều khiển mặt đất và máy base (trạm cơ sở mặt đất).



Hình 6. DJI Phantom 4 RTK và các thiết bị đi kèm [14]

Thân máy bay đóng vai trò là vật mang, mang theo máy ảnh và rover đến vị trí đã thiết kế để thực hiện nhiệm vụ định vị và chụp ảnh. Thân máy bay có một số bộ phận chính như hình 6



Hình 7. Các bộ phận của UAV/RTK [14]

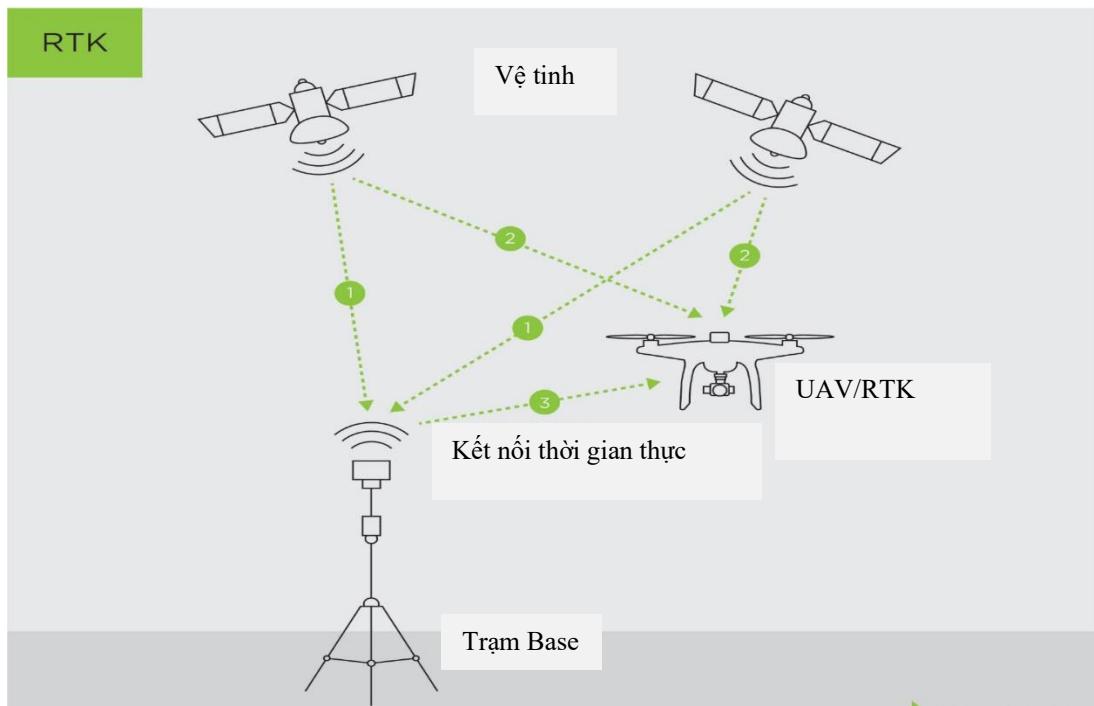
1. Thiết bị GNSS; 2. Cánh quạt; 3 Motor; 4. Đèn báo hiệu; 5. Cảm biến trước; 6. Máy ảnh; 7. Pin; 8. Đèn báo tình trạng máy bay; 9. Cảm biến sau; 10. Cảm biến hồng ngoại; 11. Đèn tín hiệu kết nối; 12. Cổng USB; 13. Khe cắm thẻ nhớ; 14. Cảm biến dưới

Theo Hình 7, máy bay được trang bị 01 máy thu GNSS nhỏ gọn, cung cấp module định vị tâm ảnh GNSS/RTK giúp cho việc định vị tâm ảnh chính xác hơn. UAV cũng được trang bị 2 cảm biến trước, 2 cảm biến sau để tránh va đập, 01 cảm biến phía dưới để tính chiều cao bay chụp cho máy bay và 01 cảm biến hồng ngoại. Ngoài ra, máy ảnh có thể gắn liền với máy bay với các loại máy bay nhỏ như Phantom (Hình 7), hoặc một số loại UAV như Trimble ZX; Matrice, Inspire... thường có máy ảnh rời cho phép thay đổi máy ảnh linh hoạt.

Máy bay UAV/RTK được trang bị phần mềm đồng bộ hệ thống điều khiển bay, hệ thống máy ảnh và thiết bị định vị RTK, với việc đồng bộ thời gian chụp ảnh và thời gian định vị tâm chụp dựa trên giải pháp TimeSync cho phép định vị tâm ảnh chính xác đến cm.

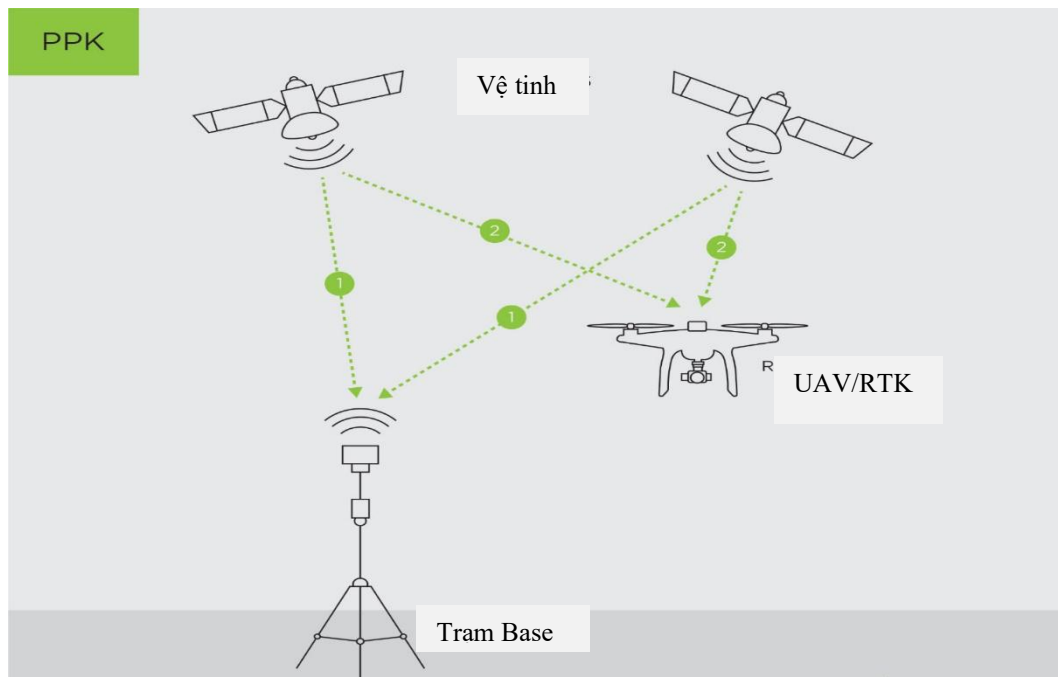
1.5 Phương thức định vị tâm chụp bằng định vị GNSS động

Cũng giống như đo GNSS động thông thường, việc xác định tọa độ tâm chụp của UAV có thể được thực hiện bằng hai phương pháp: đo động thời gian thực (RTK - Real time kinematic) hoặc đo động xử lý sau (PPK - Post processing Kinematic). Mỗi phương pháp này đều có những ưu nhược điểm riêng.



Hình 8. Phương thức định vị tâm chụp GNSS/RTK

Hình 8 thể hiện nguyên lý định vị tâm chụp UAV bằng phương thức đo GNSS/RTK. Trong suốt quá trình bay chụp ảnh đòi hỏi UAV phải được kết nối tín hiệu với viên khiên mặt đất và máy Base. Trường hợp này Base được đặt tại điểm đã biết trước tọa độ. Tâm chụp được tính toán tọa độ tức thời và lưu trong thẻ nhớ cùng ảnh trên máy bay.



Hình 9. Phương thức định vị tâm chụp GNSS/PPK

Hình 9 thể hiện nguyên lý định vị tâm chụp UAV bằng phương pháp đo động xử lý sau PPK. Máy base mặt đất được đặt vào mốc không chế tọa độ mặt đất, đặt chế độ đo tĩnh. Không yêu cầu phải kết nối tín hiệu giữa máy base mặt đất và rover trên máy bay trong suốt quá trình đo.

2. Tổng quan ứng dụng UAV trong thành lập bản đồ địa hình mở lộ thiên

Trong lĩnh vực khai thác mỏ, Indresh Rathore & N. Pavan Kumar đã đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ UAV trong công nghiệp khai thác mỏ, các tác giả đã đề xuất ứng dụng UAV trong xác định các khu vực rủi ro và nguy hiểm trong khai thác; khảo sát và lập bản đồ khai thác, cung cấp dữ liệu tính toán trữ lượng khai thác và thiết kế khoan nổ mìn; thu thập dữ liệu địa kỹ thuật [15]. McLeod và đồng nghiệp đo đạc thành lập bản đồ địa hình khu vực bờ mở lộ thiên bằng công nghệ UAV. Dựa trên kết quả bay chụp, nhóm nghiên cứu đã chỉ ra sự xuất hiện của các dịch chuyển không liên tục của khối đá bờ tầng [16]. Trong khi đó, Cryderman và cộng sự áp dụng công nghệ UAV trong đo đạc bản đồ địa hình mỏ quặng. Kết quả bay chụp giúp nhóm xác định được trữ lượng quặng sắt trong thời gian ngắn [10]. Trong một nghiên cứu của Lee và Choi, thiết bị UAV lên thẳng đã được sử dụng để bay chụp mỏ đá vôi vừa và nhỏ, phục vụ thành lập bản đồ địa hình [17]. Các tác giả này cũng đã công bố nghiên cứu về ứng dụng UAV trong khảo sát địa hình của các mỏ đá vôi lộ thiên có qui mô lớn ở Hàn Quốc, nghiên cứu chỉ ra rằng dữ liệu bay UAV có thể thực hiện nhanh chóng với diện tích đo đạc lớn, nên nó có thể được sử dụng hiệu quả trong các mỏ khai thác lộ thiên quy mô lớn như một công cụ khảo sát địa hình [18].

Ứng dụng thiết bị UAV trong quan trắc sụt lún do ảnh hưởng của khai thác mỏ đã được nghiên cứu bởi Jangwon và cộng sự, thiết bị Phantom 2 đã được sử dụng trong việc thành lập mô hình DEM một khu vực sụt lún do khai thác mỏ có chiều sâu 9.1 m, không thể tiếp cận đo đạc trực tiếp. DEM được tạo ra từ ảnh UAV có độ lệch lớn nhất so với các điểm GCP xấp xỉ 14 cm. Các tác giả cho rằng kết quả này có thể dùng để phản ánh sụt lún ở khu vực nghiên cứu và cũng đề xuất áp dụng phương pháp này trong khảo sát và lập bản đồ, bổ sung dữ liệu còn thiếu cho vị trí sụt lún khai thác [19]. Nghiên cứu gần đây phải kể đến đó là nghiên cứu của tác giả Wierzbicki và Nienaltowski, máy bay UAV tự chế giá rẻ và trang bị camera chủ động để tăng góc chụp ảnh khi máy bay ở độ cao thấp đã được sử dụng trong thành lập mô hình 3D mở lộ thiên, khối lượng khai

thác mỏ tính từ mô hình 3D này được so sánh với tính từ số liệu đo GNSS/RTK cho độ lệch dưới 1% [20].

UAV tích hợp RTK là một trong những thiết bị đang được quan tâm nhiều hiện nay. Với việc tích hợp RTK vào UAV khi bay chụp không cần thiết phải có các điểm khống chế ảnh trên mặt đất, cải tiến này làm tăng khả năng ứng dụng của UAV trong công tác đo đạc bản đồ. Độ chính xác của mô hình DSM phụ thuộc vào số lượng và chất lượng của các điểm khống chế ảnh mặt đất (GCPs), việc thành lập GCPs chiếm phần lớn thời gian trong công tác bay chụp UAV ngoài thực địa [21]. Trong nghiên cứu về đánh giá khả năng ứng dụng của UAV - RTK trong xây dựng mô hình 3D, tác giả Fazeli và cộng sự thông qua các kết quả thử nghiệm đã chỉ ra rằng sử dụng UAV - RTK cho kết quả nhanh hơn so với việc sử dụng GCPs mặt đất. Có thể sử dụng thiết bị này trong thành lập mô hình 3D thay cho việc sử dụng các điểm khống chế ảnh mặt đất [22]. Độ chính xác mô hình 3D được thành lập từ dữ liệu ảnh bay chụp UAV - RTK đã được đánh giá trong nghiên cứu của tác giả Francesco và cộng sự. Sai số RMSE của các điểm mô hình thành lập được so với các điểm kiểm tra mặt đất đo bằng RTK nằm trong khoảng từ 2÷3 cm với vị trí mặt bằng và 2÷10 cm đối với độ cao. Nhưng nếu sử dụng ít nhất 01 điểm GCP độ chính xác mô hình 3D được nâng cao nhiều cả về mặt bằng và độ cao [23]. Độ chính xác và hiệu quả công việc đo vẽ thành lập bản đồ địa hình bằng UAV/RTK ngày càng được cải thiện. Với việc tích hợp thành công hệ thống đồng bộ thời gian thực (TimeSync) giữa Hệ thống điều khiển bay, Hệ thống camera và Module RTK, UAV/RTK đã cho phép định vị tâm ảnh chính xác đến cm [14].

Trong các nghiên cứu hầu hết áp dụng quy trình tổng quát theo đề xuất của Henri Eisenbeiss (2007) [24], các bước chính của quy trình này bao gồm: công tác chuẩn bị, thiết kế bay và bay chụp, đo các điểm liên kết (bán tự động) và đo các điểm khống chế, bình sai khối ảnh, tạo mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh trực giao. Chưa có nghiên cứu nào đề xuất quy trình đo đạc thành lập bản đồ tỷ lệ lớn bằng máy bay chi phí thấp cho loại địa hình đặc biệt phức tạp như mỏ lộ thiên.

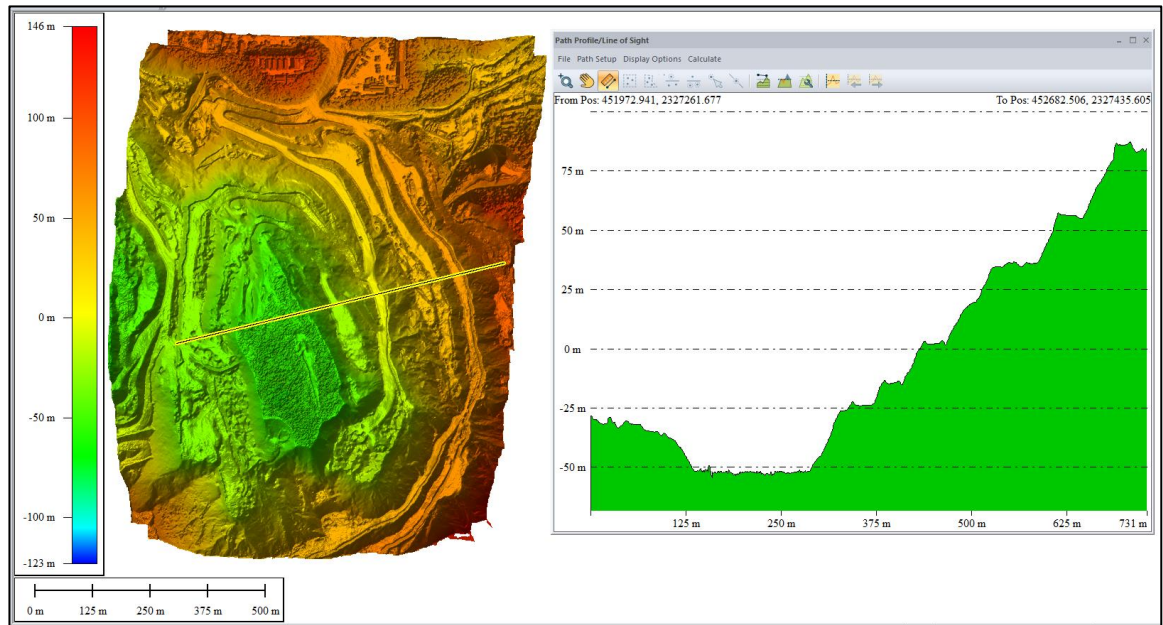
Các nghiên cứu ứng dụng UAV trong thành lập bản đồ khai thác mỏ ở Việt Nam chưa nhiều. Năm 2014, các tác giả Võ Chí Mỹ, Robert Duda đã thử nghiệm ứng dụng UAV UX-5 của hãng Trimble trong đo vẽ khu vực mỏ lộ thiên và giám sát sự biến động môi trường mỏ [25]. Trong một nghiên cứu khác của tác giả Bùi Tiên Diệu và các cộng

sự năm 2017, thiết bị UAV được sử dụng bay chụp xây dựng mô hình số bề mặt khu vực bờ mỏ lộ thiên [26]. Tuy nhiên trong nghiên cứu này, bên cạnh các đánh giá về độ chính xác khi thay đổi đồ hình và số điểm khống chế ảnh, các tác giả chưa khảo sát độ cao bay chụp, chưa đưa ra được một quy trình bay chụp đầy đủ và rõ ràng cho mỏ lộ thiên có kích thước và công nghệ khai thác khác nhau. Bên cạnh đó, với đặc điểm địa hình biến động nhanh và lớn ở các mỏ lộ thiên, khả năng ứng dụng UAV cần được đánh giá chi tiết và toàn diện. Đầu năm 2019, tác giả Nguyễn Quốc Long đã ứng dụng công nghệ UAV trong xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ địa hình mỏ lộ thiên khai thác vật liệu xây dựng. Kết quả thực nghiệm cho độ chính xác đạt yêu cầu thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Từ nghiên cứu này, các tác giả đã kết luận UAV có qui trình bay chụp đơn giản, an toàn khi đo đạc tại các vùng có địa hình phức tạp [27]. Trong một nghiên cứu khác [28], nhóm tác giả đã đánh giá khả năng sử dụng của máy bay không người lái giá rẻ trong việc xây dựng mô hình số địa hình và bản đồ, thực nghiệm được tiến hành tại 4 mỏ khai thác đá có đặc điểm địa hình khác nhau, trong cả bốn trường hợp đều sử dụng máy bay phantom 4 pro. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra rằng khi số lượng điểm khống chế phân bố đều trên bề mặt mỏ và độ cao bay chụp hợp lý thì độ chính xác về cả mặt bằng và độ cao đủ đảm bảo thành lập bản đồ tỷ lệ 1:500. Ứng dụng UAV trong công tác trắc địa mỏ được tiếp tục nghiên cứu và có một số công bố vào đầu năm 2020. Các tác giả [29, 30] các tác giả đã đánh giá độ chính xác trữ lượng khai thác mỏ được tính toán từ DSM thành thập từ ảnh bay chụp UAV, độ lệch giữa trữ lượng tính từ DSM của UAV so với trữ lượng tính toán từ số liệu đo vẽ trực tiếp bằng máy toàn đạc điện tử nằm trong giới hạn cho phép theo qui phạm trắc địa mỏ. Trong một nghiên cứu khác gần đây, tác giả Nguyễn Viết Nghĩa đã xây dựng DEM cho mỏ lộ thiên từ ảnh bay chụp UAV Inspire2. Kết quả đánh giá độ chính xác cho thấy DEM đã thành lập đáp ứng được yêu cầu độ chính xác theo qui phạm trắc địa mỏ thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000 [31]. Năm 2020, tác giả Lê Văn Cảnh và cộng sự đã ứng dụng thành công UAV trong công tác đo vẽ tính khối lượng và trữ lượng mỏ đá vật liệu xây dựng 2020 [29], nghiên cứu xác định vị trí cất cánh tối ưu cho UAV và xác định số lượng điểm khống chế ảnh cần thiết khi sử dụng UAV có định vị tâm chụp GNSS động [32]

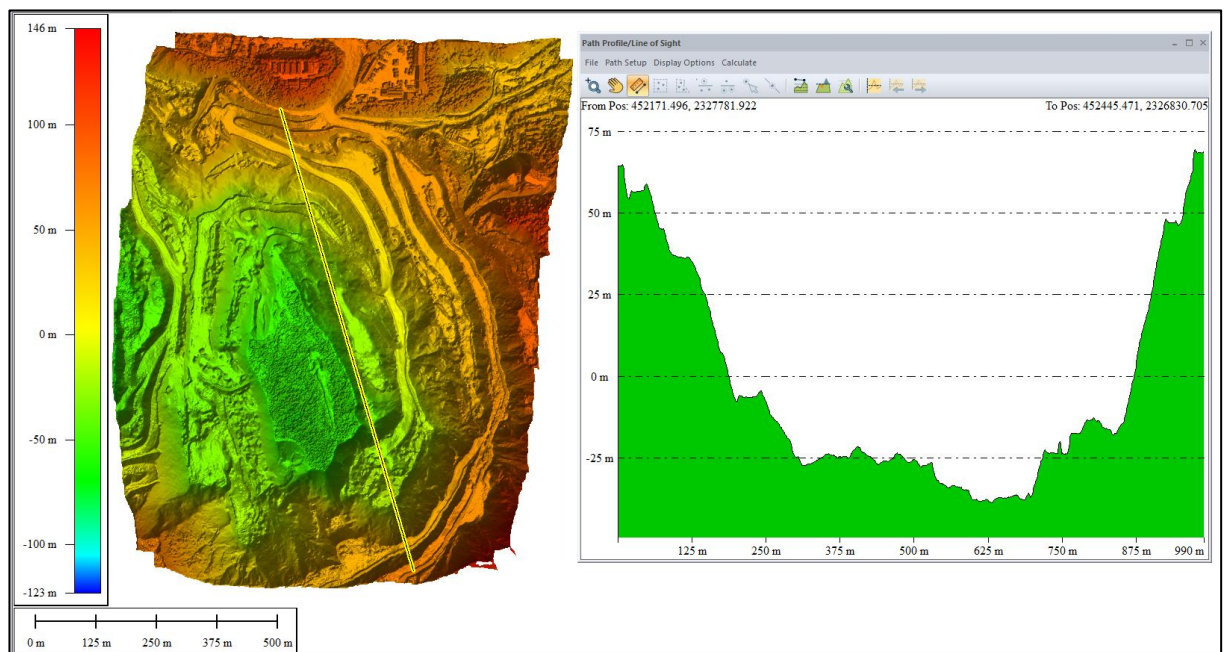
3. Những lưu ý khi ứng dụng UAV thành lập bản đồ địa hình mỏ lộ thiên

3.1 Đặc điểm địa hình mỏ

Moong khai thác mỏ than thường có mức khai thác xuống sâu, có cấu tạo địa hình tầng bậc đặc trưng cho địa hình của các mỏ ở bể than Quảng Ninh. Chênh cao địa hình thay đổi lớn cả theo hướng vuông góc với bờ tầng (hình 10) và hướng song song với đường phương (hình 11) của bờ tầng.



Hình 10. Mặt cắt địa hình khu vực nghiên cứu theo hướng vuông góc với bờ tầng



Hình 11. Mặt cắt địa hình khu vực nghiên cứu theo hướng đường phương của bờ tầng

Các mỏ khai thác ngày càng xuống sâu, mỏ than Cọc Sáu, chênh cao từ bề mặt mỏ tới đáy moong sấp xỉ 600m. Với đặc điểm địa hình nêu trên, khi đo vẽ tại mỏ như

vậy cần tính toán phương án bay chụp kỹ lưỡng đảm bảo an toàn bay, đạt độ chính xác theo yêu cầu

3.2 Bố trí tiêu khống chế ảnh

Do đặc thù mỏ lộ thiên thay đổi chên cao lớn, diện tích khai trường lớn. Do vậy, để đảm bảo yếu tố chính xác về cả mặt bằng và độ cao thì việc lựa chọn điểm khống chế ảnh cần tính toán đến cả hai độ chính xác này. Hay nói cách khác, cần lưu ý tính toán đủ số lượng điểm KCA theo mặt bằng, nhưng cũng cần tính toán cả theo phương đứng, đảm bảo độ chính xác về cao độ ở mọi vị trí trên bản đồ địa hình mỏ.

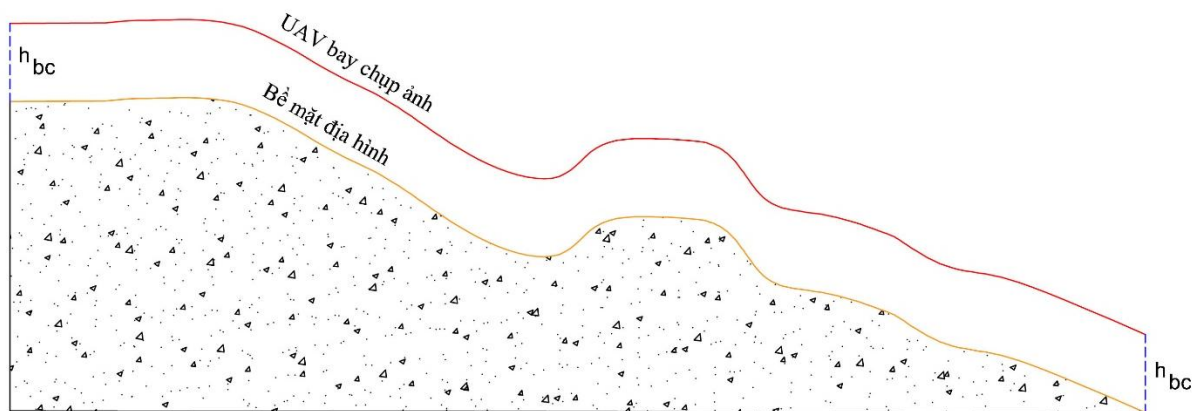


Hình 12. Vị trí điểm khống chế ảnh.

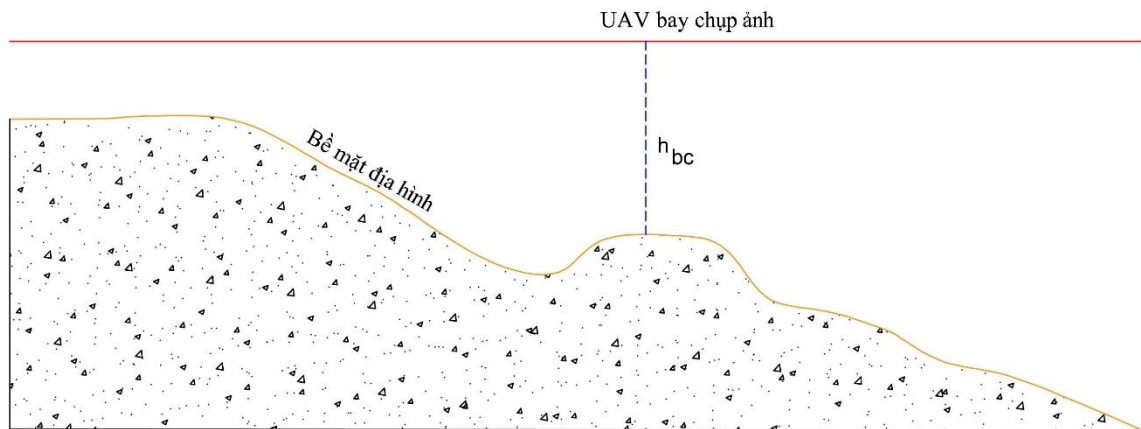
Hình 12 là ví dụ điển hình về phân bố điểm khống chế ảnh ở mỏ lộ thiên. Điểm KCA được đặt ở đáy moong, trên bề mặt mỏ nhằm đảm bảo yếu tố về mặt bằng và độ cao

3.3 Lựa chọn phương pháp bay chụp

Khi điều khiển bay chụp ảnh địa hình bằng UAV, thiết bị bay cho phép người sử dụng điều khiển bay với 2 chế độ: 1. Bay theo chiều cao cố định (bay theo dáng địa hình_Hình 13); 2. Bay theo độ cao cố định (Hình 14).



Hình 13. UAV bay theo dáng địa hình



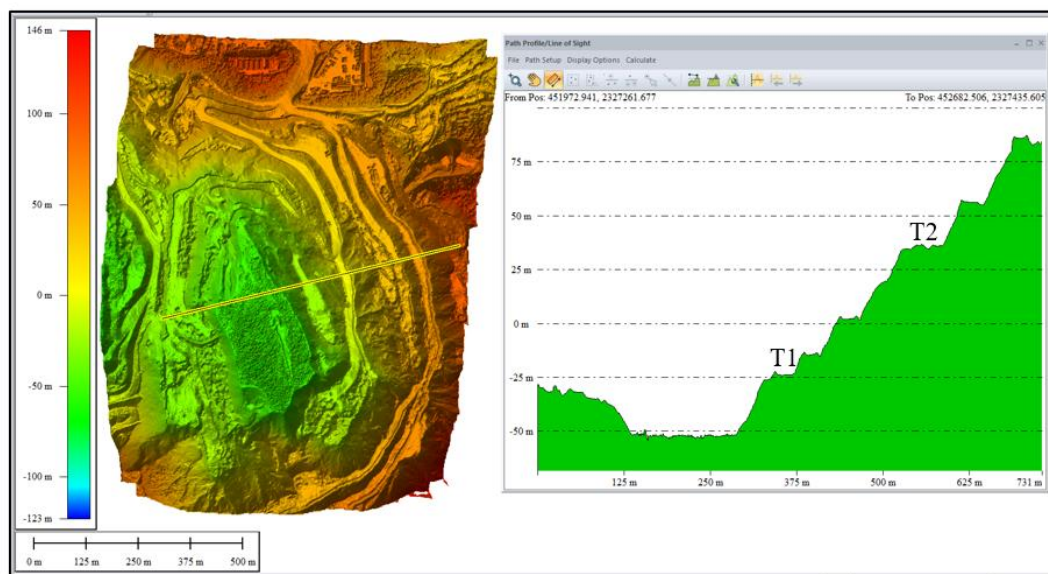
Hình 14. UAV bay theo độ cao bay cố định

Bản đồ địa hình mở được thành lập thường xuyên nên cho phép thành lập được mô hình DEM và DSM chính xác. Dữ liệu này có thể cung cấp thành lập mô hình tham chiếu cho phương pháp bay chụp theo dáng địa hình. Đối với các khu vực mở có địa hình thay đổi, khu vực mở mới không có dữ liệu DEM chính xác cần tính toán đến khi bay chụp chiều cao bay đảm bảo an toàn.

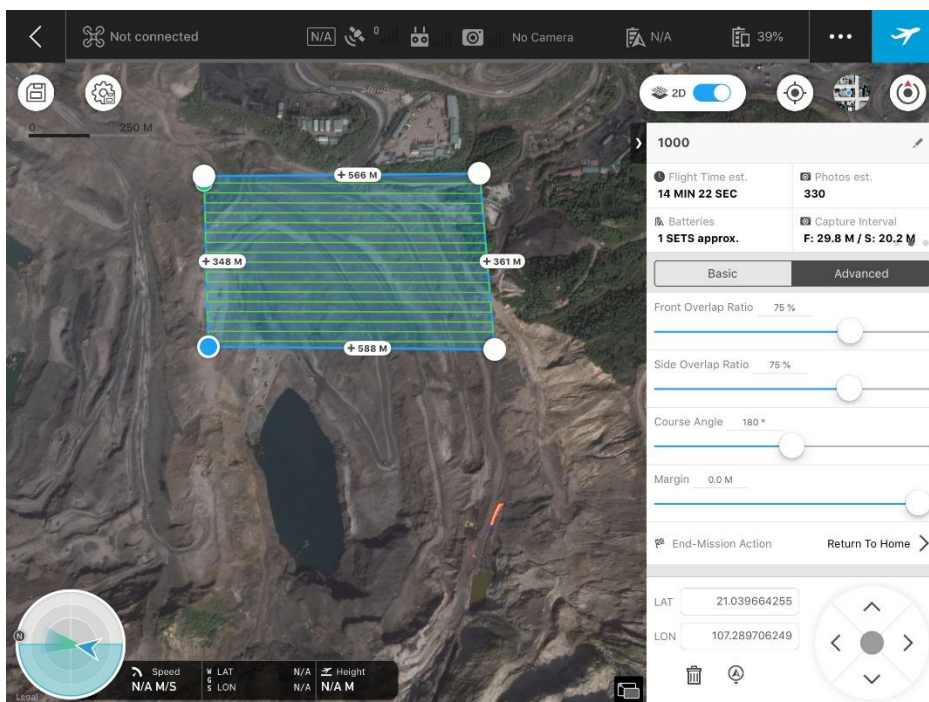
Trong trường hợp bay theo độ cao cố định, cần tính toán chiều cao bay và vị trí cất và hạ cánh phù hợp để đảm bảo độ phân giải ảnh cần thiết ở các khu vực có độ sâu lớn nhất ở mở.

3.4 Thiết kế bay chụp ảnh

Địa hình mỏ có chênh cao thay đổi liên tục, mở khai thác sâu nên chênh cao lớn, khi thiết kế cần tính toán kỹ lưỡng chiều cao bay, vị trí cất hạ cánh cho máy bay phù hợp với thực tiễn, đảm bảo an toàn bay và đạt độ chính xác. Hình 15. Ví dụ chọn vị trí cất cánh cho máy bay tại điểm T1 và T2. Với hai vị trí bay xuất phát khác nhau, ở hai độ cao khác nhau giúp cho điểm thấp nhất tại mỏ có GSD đạt yêu cầu. Đồng thời máy bay cũng đạt được vị trí chiều cao bay tối thiểu so với điểm cao nhất trên địa hình mỏ. Đảm bảo yếu tố an toàn bay



Hình 15. Vị trí cất cánh của UAV được thiết kế trên địa hình



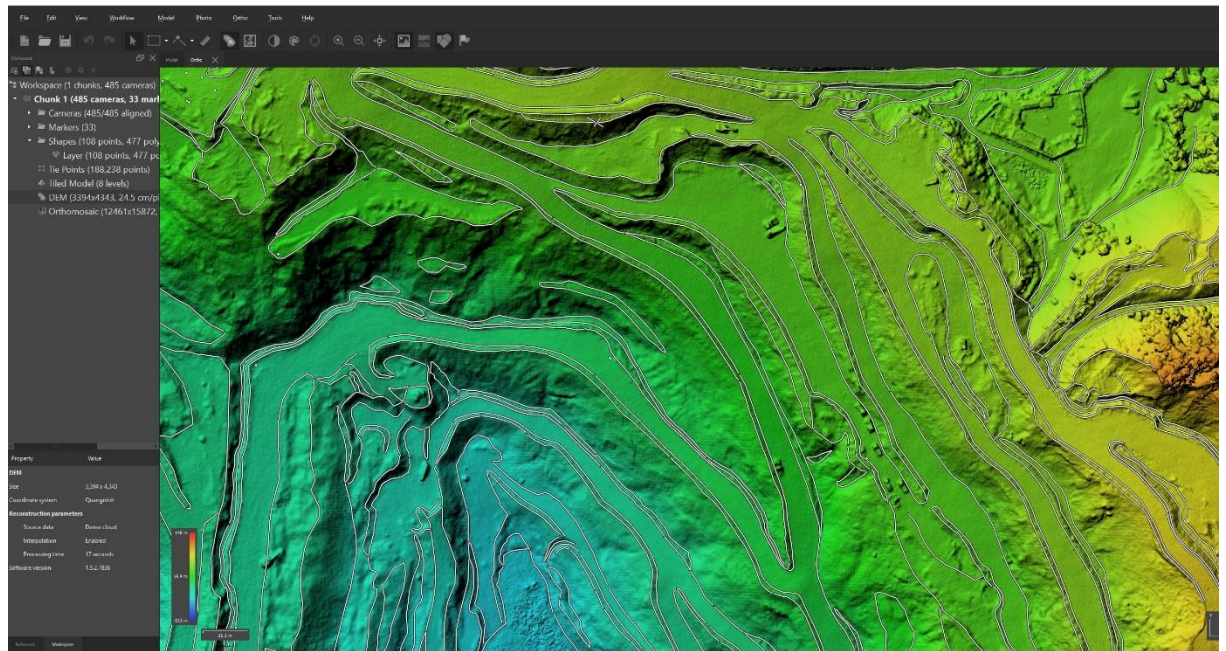
Hình 16. Thiết kế bay chụp thành lập bản đồ mở lộ thiên trên phần mềm GS Pro

Độ phủ chùm ảnh ở mô chênh cao thấp có thể chọn 70%, các mô có độ dốc và chênh cao lớn độ phủ chùm ảnh nên chọn 75% để đảm bảo yếu tố kinh tế và kỹ thuật.

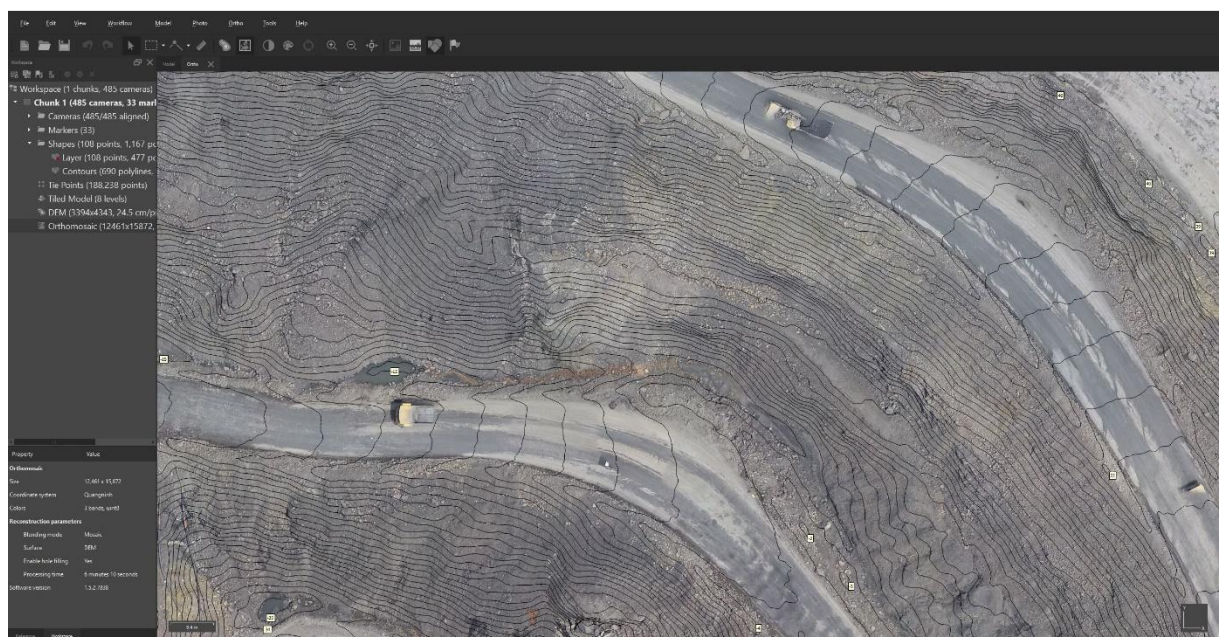
3.5. Biên vẽ bản đồ

Địa vật trên đại hình mô như: Các đường chân tầng, mép tầng, khu vực xúc bốc...được số hóa trực tiếp trên mô hình phần mềm Agisoft metashape trên mô hình DSM và ảnh trực giao Ortho

Sau khi số hóa, các đối tượng địa vật được xuất sang phần mềm Autocad để tiếp tục biên vẽ.



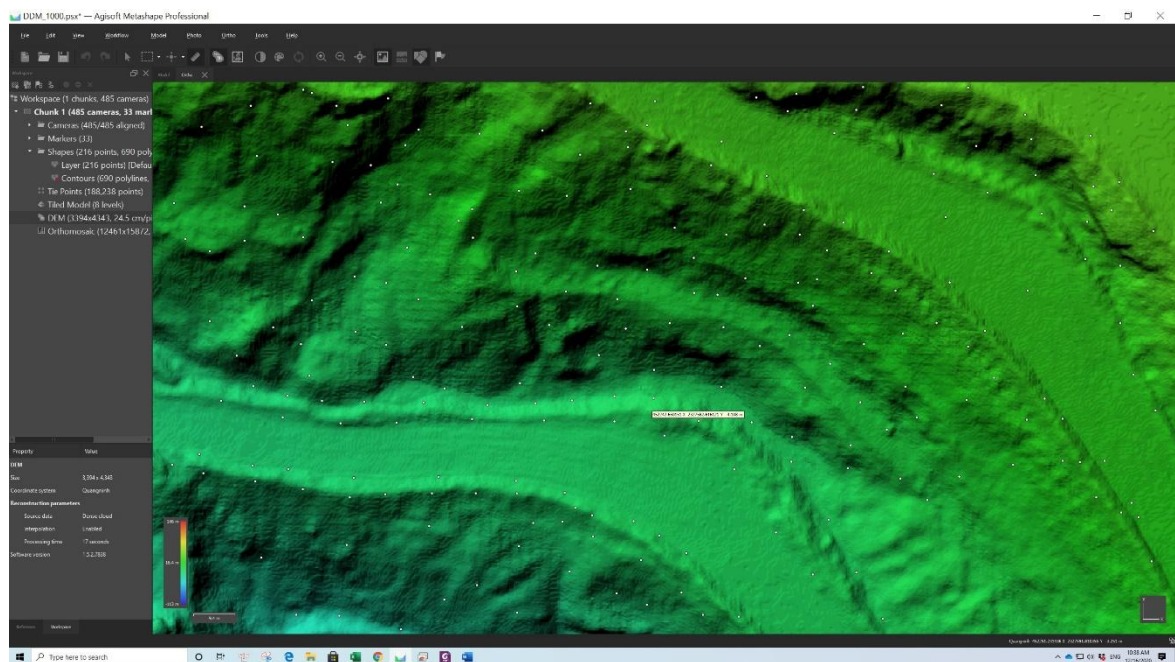
Hình 17. Vẽ các đối tượng địa vật trên DSM



Hình 18. Tạo đường đồng mức từ DSM

Địa hình mở lộ thiên hầu như không có lớp phủ bề mặt, do vậy, mô hình số bề mặt DSM cũng chính là mô hình số độ cao DEM. Phần mềm Agisoft cho phép xuất DSM dưới các định dạng (Tif; .txt;...) để sử dụng các phần mềm khác vẽ địa hình cho bản đồ; hoặc cũng có thể tạo đường đồng mức địa hình trên phần mềm Agisoft (hình 19).

Cũng có thể tạo lớp địa hình cho bản đồ từ việc vẽ các điểm cần lấy tọa độ (XYH) ngay trên DSM (Hình 19), sau đó export ra tệp tọa độ (*.txt) để biên vẽ bản đồ. Tệp số liệu có được đóng vai trò như số liệu đo thông thường.



Hình 19. Xuất điểm có tọa độ XYH từ DSM

Mở lộ thiên thường không có lớp phủ nên thuận lợi cho việc đo vẽ bản đồ địa hình mở bằng phương pháp UAV. Tuy nhiên, khi mở có độ sâu lớn, các sườn có độ dốc lớn cần tính toán bay chụp để thu được hình ảnh các chân tầng. Bổ sung các góc chụp để lấy được tối đa địa hình. Chọn thời điểm chụp ảnh thời điểm mặt trời lên cao, để ít ảnh hưởng của bóng địa hình.

KẾT LUẬN

UAV là công nghệ cho phép thu thập dữ liệu trên phạm vi rộng, thời gian ngắn, có độ phân giải không gian cao. Dữ liệu ảnh UAV kết hợp với dữ liệu mặt đất là cơ sở thành lập bản đồ tỷ lệ lớn hiệu quả.

Mỏ lộ thiên có địa hình đặc trưng riêng, hầu hết địa hình tầng bậc có chênh cao thay đổi liên tục, độ dốc lớn. Nên cần tính toán các thông số về chiều cao bay chụp, vị trí cất hạ cánh cho máy bay, vị trí điểm khống chế ảnh mặt đất nhằm đảm bảo độ chính xác và an toàn bay chụp.

Mỏ lộ thiên không có lớp phủ thực vật, mô hình DSM thu được từ dữ liệu UAV hầu như phần lớn trùng với mô hình DEM của mỏ. Do vậy, với đặc điểm như vậy mang lại thuận lợi lớn khi ứng dụng công nghệ UAV.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hassanalian, M. and A. Abdelkefi, *Classifications, applications, and design challenges of drones: A review*. Progress in Aerospace Sciences, 2017. **91**: p. 99-131.
2. Singh, K.K. and A.E. Frazier, *A meta-analysis and review of unmanned aircraft system (UAS) imagery for terrestrial applications*. International journal of remote sensing, 2018. **39**(15-16): p. 5078-5098.
3. Polat, N. and M. Uysal, *An Experimental Analysis of Digital Elevation Models Generated with Lidar Data and UAV Photogrammetry*. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2018. **46**(7): p. 1135-1142.
4. Feng, Q., J. Liu, and J. Gong, *Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier—A Case of Yuyao, China*. Water, 2015. **7**(4): p. 1437.
5. Mourato, S., P. Fernandez, L. Pereira, and M. Moreira, *Improving a DSM Obtained by Unmanned Aerial Vehicles for Flood Modelling*, in *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017, IOP Publishing.
6. Oleire-Oltmanns, S., I. Marzloff, K. Peter, and J. Ries, *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco*. Remote Sens., 2012. **4**(11): p. 3390-3416.
7. Alvarado, M., F. Gonzalez, A. Fletcher, and A. Doshi, *Towards the Development of a Low Cost Airborne Sensing System to Monitor Dust Particles after Blasting at Open-Pit Mine Sites*. Sensors, 2015. **15**(8): p. 19667.
8. Barry, P. and R. Coakley, *Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens, 2013. **XL-1 W**: p. 27-31.
9. Bùi Tiến Diệu, Nguyễn Cẩm Vân, Hoàng Mạnh Hùng, and N.Q. Minh. *Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái*. in *Hội nghị khoa học: Đo đạc bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu*. 2016. Hà Nội.
10. Cryderman, C., S.B. Mah, and A. Shufletoski, *Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations*. GEOMATICA, 2014. **68**(4): p. 309-317.
11. Paneque-Gálvez, J., M.K. McCall, B.M. Napoletano, S.A. Wich, and L.P. Koh, *Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas*. Forests, 2014. **5**(6): p. 1481–1507.
12. Berie, H.T. and I. Burud, *Application of unmanned aerial vehicles in earth resources monitoring: focus on evaluating potentials for forest monitoring in Ethiopia*. European Journal of Remote Sensing, 2018. **51**(1): p. 326-335.
13. Rokhmana, C.A., *The Potential of UAV-based Remote Sensing for Supporting Precision Agriculture in Indonesia*. Procedia Environmental Sciences, 2015. **24**(Supplement C): p. 245-253.
14. DJI. *Phantom 4 RTK Visionary Intelligence*, <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>. 2020.

15. Indresh Rathore and N.P. Kumar. *Unlocking the potentiality of UAVs in Mining Industry and its Implications*. in *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2015.
16. McLeod, T., C. Samson, M. Labrie, K. Shehata, J. Mah, P. Lai, L. Wang, and J.H. Elder, *Using Video Acquired from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to Measure Fracture Orientation in an Open-Pit Mine*. *GEOMATICA*, 2013. **67**(3): p. 173-180.
17. Lee Sungjae and C. Yosoon, *Opographic survey at small-scale open-pit mines using a popular rotary-wing unmanned aerial vehicle (drone)*. *Tunnel & Underground Space*, 2015. **25**.
18. Lee, S. and Y. Choi, *On-site demonstration of topographic surveying techniques at open-pit mines using a fixed-wing unmanned aerial vehicle (drone)*. *Tunnel and Underground Space*, 2015. **25**(6): p. 527-533.
19. Suh, J. and Y. Choi, *Mapping hazardous mining-induced sinkhole subsidence using unmanned aerial vehicle (drone) photogrammetry*. *Environmental Earth Sciences*, 2017. **76**(4): p. 144.
20. Wierzbicki, D. and M. Nienaltowski, *Accuracy Analysis of a 3D Model of Excavation, Created from Images Acquired with an Action Camera from Low Altitudes*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019. **8**(2): p. 83.
21. Forlani, G., E. Dall'Asta, F. Diotri, U. Morra di Cella, R. Roncella, and M. Santise, *Quality Assessment of DSMs Produced from UAV Flights Georeferenced with On-Board RTK Positioning*. Vol. 10. 2018. 311.
22. Fazeli, H., F. Samadzadegan, and F. Dadrasjavan, *Evaluating the potential of RTK-UAV for automatic point cloud generation in 3D rapid mapping*. Vol. XLI-B6. 2016. 221-226.
23. Benassi, F., E. Dall'Asta, F. Diotri, G. Forlani, U. Cella, R. Roncella, and M. Santise, *Testing Accuracy and Repeatability of UAV Blocks Oriented with GNSS-Supported Aerial Triangulation*. *Remote Sensing*, 2017. **9**(2): p. 172.
24. Eisenbeiss, H., K. Lambers, and M. Sauerbier, *Photogrammetric recording of the archaeological site of Pinchango Alto (Palpa, Peru) using a mini helicopter (UAV)*. 2007. p. 175-184.
25. Võ Chí Mỹ and Robert Duda, *Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ*, in *Tuyển tập báo cáo HNKH Hội nghị khoa học-công nghệ mỏ toàn quốc*. 2014: Vũng Tàu.
26. Dieu Tien Bui and v. nnk, *Lightweight Unmanned Aerial Vehicle and Structure-from-Motion Photogrammetry for Generating Digital Surface Model for Open-Pit Coal Mine Area and Its Accuracy Assessment*. *International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources*, 2017: p. 17-33.
27. Nguyễn Quốc Long and Cao Xuân Cường, *Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) để xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ mỏ lộ thiên khai thác vật liệu xây dựng*. *Tạp chí công nghiệp mỏ*, 2019. **1**: p. 21-29.
28. Nguyen Quoc Long, B.X. Nam, C.X. Cuong, and L.V. Canh, *An approach of mapping quarries in Vietnam using low-cost Unmanned Aerial Vehicles*. *International Journal of Sustainable Development*, 2019. **11**(2):199-210.
29. Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Lê Hồng Việt, and Đinh Tiên, *Ứng dụng công nghệ bay không người lái (UAV) trong đo đạc phục vụ công tác tính trữ lượng*

- các mỏ đá tại Việt Nam*. Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa CHất, 2020. **61**: p. 21-30.
30. Nguyễn Quốc Long and Lê Văn Cảnh, *Khả năng ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) kinh phí thấp để đo vẽ kiểm kê trữ lượng khoáng sản mỏ lộ thiên*. Công nghiệp mỏ, 2020. **29**(2): p. 79-85.
31. Nguyễn Việt Nghĩa, *Xây dựng mô hình số độ cao mỏ lộ thiên có độ sâu lớn từ dữ liệu ảnh bay chụp bằng thiết bị Inspire 2*. 2020. **61**: p. 1-10.
32. Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Lê Thị Thu Hà, and Nguyễn Ngọc Anh, *Xác định số lượng điểm khống chế ảnh cần thiết khi thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn mỏ lộ thiên bằng công nghệ bay không người lái có tích hợp định vị GNSS động*, in *Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững - ERSD2020*. 2020: Hà Nội, Việt Nam.