



ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI TRONG QUAN TRẮC VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH BÃI THẢI MỎ LỘ THIÊN

Nguyễn Tam Tính

Công ty Cổ phần đồng Tả Phời – Vinacomín

Phạm Duy Thanh

Sở Công Thương Quảng Ninh

Email: tamtinhtkv@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày khả năng ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong quan trắc và đánh giá độ ổn định bãi thải cho các mỏ lộ thiên. Theo đó, công nghệ bay không người lái thành lập mô hình không gian 3D khu vực đổ thải đã được nghiên cứu ứng dụng tại Việt Nam. Bên cạnh đó, ứng dụng UAV trong quan trắc sụt lún, xói mòn bề mặt bãi thải cũng được giới thiệu nhằm quan trắc bãi thải một cách toàn diện. Kích thước cỡ hạt đất đá của bãi thải cũng được xem là một trong những yếu tố có ảnh hưởng lớn đến độ ổn định của bãi thải và cũng đã được xem xét dựa trên công nghệ bay-chụp không người lái kết hợp với công nghệ phân tích cỡ hạt trên phần mềm Split-Desktop. Các công nghệ này cho phép các kỹ sư và các nhà khoa học có thể phân tích chính xác thành phần, kích cỡ và phân bố của đất đá trên các bãi thải. Từ đó, các giải pháp đổ thải hợp lý nhằm ổn định lâu dài bãi thải trên các mỏ lộ thiên có thể được đề xuất.

Từ khóa: bãi thải, Máy bay không người lái, mỏ lộ thiên, ổn định bãi thải.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khai thác lộ thiên là một trong những phương pháp phổ biến để khai thác tài nguyên, khoáng sản có ích trong lòng đất. Bên cạnh những ưu điểm nổi trội của phương pháp khai thác lộ thiên như: có không gian thao tác rộng lớn, có đầy đủ ánh sáng và khí trời, có khả năng cơ giới hóa cao, năng suất lao động cao,... thì khai thác lộ thiên cũng gây ảnh hưởng không nhỏ tới môi trường xung quanh như: chiếm dụng diện tích đất đai lớn để làm khai trường và bãi thải, phát sinh nhiều bụi, khí độc vào môi trường do các hoạt động khai thác (khoan, nổ mìn, xúc bốc, vận tải, đổ thải),... Đặc biệt, việc chiếm dụng diện tích đất đai để làm bãi thải không chỉ dừng lại ở việc chiếm dụng đất đai, mà còn tiềm ẩn nhiều nguy cơ rủi ro, gây mất an toàn do trượt lở bãi thải, do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết khí hậu.

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu đóng vai trò vô cùng quan trọng trong khai thác mỏ nói chung và khai thác mỏ lộ thiên nói riêng. Một trong những ảnh hưởng tiêu cực của hiện tượng biến đổi khí hậu có thể kể đến là đợt mưa tại tỉnh Quảng Ninh từ ngày 26/7/2015 đến ngày 5/8/2015

với cường độ cực lớn, lượng mưa tại vùng đo được khoảng từ 1.100÷1600 mm, thời gian dài, đã gây xói lở và ảnh hưởng lớn đến một số bãi thải tại khu vực Cẩm Phả như bãi thải Đông Cao Sơn khu vực giáp mặt bằng sân công nghiệp +48 của Công ty TNHH MTV 790; bãi thải Đông Khe Sim khu vực giáp mặt bằng chế biến than +225 Xí nghiệp khai thác than 86. Hiện tượng xói lở ở các bãi thải đã ảnh hưởng không nhỏ tới các công trình xung quanh và kế hoạch khai thác, đổ thải của các mỏ. Để khắc phục ảnh hưởng của mưa bão, các mỏ đã phải tăng thời gian và chi phí để cải tạo, gia cố các công trình bảo vệ tại một số khu vực của một số bãi thải.

Với sự phát triển của khoa học công nghệ, UAV đã dần trở nên quen thuộc hơn với con người và các ứng dụng của nó trong công nghiệp, đặc biệt trong 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 [1]. 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 [2]. Trong khi đó, Cryderman và cộng sự áp dụng công nghệ UAV trong đo đạc bản đồ địa hình mở quặng. Kết quả bay chụp giúp nhóm xác định được trữ lượng quặng sắt trong thời gian ngắn [3]. 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 [4]. 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 [5].

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 [6]. 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 (Định vị toàn cầu/Đo động thời gian thực) cho độ lệch dưới 1% [7].

Có thể thấy, UAV đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong các hoạt động khai thác mỏ. Tuy nhiên, tại Việt Nam, công nghệ này vẫn chưa được áp dụng rộng rãi. Các ứng dụng của UAV hiện nay cho các mỏ lộ thiên chủ yếu được thực hiện cho các công tác thành lập bản đồ địa hình, mô hình số bề mặt, thành lập bản đồ khai thác mỏ [8; 9; 10]. Để đo vẽ cập nhật hiện trạng bãi thải, tại Việt Nam hiện nay vẫn chủ yếu sử dụng các thiết bị như toàn

đạc điện tử. Tuy nhiên, với việc dữ liệu đo chỉ là các điểm rời rạc, không thể thành lập được các mô hình 3D độ chính xác cao để phục vụ nghiên cứu và đánh giá ổn định bãi thải. Trên thế giới, việc thành lập các mô hình 3D mở lộ thiên cũng như bãi thải hiện nay đều ứng dụng các công nghệ hiện đại như quét laser 3D, UAV. Trong đó, UAV cho thấy ưu điểm vượt trội cả về mặt kỹ thuật và kinh tế. Vì vậy, trên cơ sở các thành tựu ở các nước, bài báo đánh giá khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong quan trắc và đánh giá độ ổn định bãi thải cho các mỏ lộ thiên tại Việt Nam.

2. NỘI DUNG TRAO ĐỔI

2.1. Về ứng dụng máy bay không người lái thành lập mô hình không gian 3D khu vực đổ thải

Hiện nay, các bãi thải vùng Cẩm Phả có sự đan xen chồng lấn về không gian đổ thải, tạo ra một vùng có địa hình thường xuyên biến động. Ngoài ra, do không gian đổ thải hạn chế và sự tăng sản lượng đất bóc của các mỏ, nên quá trình đổ thải tại các bãi thải rất phức tạp, làm cho công tác quản lý, an toàn tại các bãi thải trở nên khó khăn, gây mất an toàn cho người và thiết bị của các mỏ khi tham gia đổ thải cũng như gây mất ổn định cho các khu vực lân cận. Để nâng cao hiệu quả của hoạt động đổ thải, bên cạnh các dữ liệu truyền thống là bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, việc sử dụng các mô hình không gian 3D thể hiện chính xác, chi tiết hiện trạng bề mặt địa hình của các bãi thải là rất cần thiết. Đây là dữ liệu quan trọng phục vụ hiệu quả cho công tác quy hoạch, quản lý và vận hành đổ thải ở mỏ.

Gần đây, công nghệ bay chụp không người lái UAV với cơ sở khoa học là phương pháp đo ảnh (UAV photogrammetry) tạo ra các sản phẩm là đám mây điểm (point cloud), ảnh trực giao (Orthophoto), và mô hình số bề mặt (DSM). Đây là các sản phẩm được sử dụng cho nội dung xây dựng mô hình không gian 3D với độ chính xác và chi tiết cao. Ngoài ra, với ưu điểm là khả năng thu thập dữ liệu nhanh chóng, chính xác, và hiệu quả về cả thời gian và sức lao động, làm giảm giá thành sản xuất, công nghệ UAV thể hiện những tiềm năng lớn trong việc xây dựng mô hình không gian 3D cho các bãi thải.

Bãi thải ở các mỏ là một đối tượng đặc biệt về cả đặc điểm địa hình và địa chất. Đây là nơi có hoạt động của nhiều phương tiện đổ thải. Địa hình biến đổi mạnh, kết hợp với quá trình dịch chuyển

biến dạng tự nhiên của các vật chất đổ thải tạo ra một khu vực bất ổn định và nguy hiểm. Thực hiện bay chụp thu thập dữ liệu địa hình ở khu vực này bằng công nghệ UAV là giải pháp hợp lý, vừa đảm bảo an toàn cho hoạt động thu thập dữ liệu, vừa không ảnh hưởng hoặc gây gián đoạn hoạt động đổ thải của mỏ. Tuy nhiên, cần phải xây dựng một quy trình kỹ thuật đảm bảo tính khoa học và hiệu quả, đảm bảo an toàn cho người thực hiện và thiết bị UAV, và dễ dàng trong vận hành.

Quy trình thành lập mô hình 3D bãi thải bằng công nghệ UAV gồm các bước chính: Thiết kế phương án bay chụp; thành lập các điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra; bay chụp thu nhận ảnh; đánh giá chất lượng ảnh và độ chính xác điểm khống chế ảnh; nhập dữ liệu ảnh vào phần mềm; thiết lập hệ tọa độ VN2000 và chuyển đổi hệ tọa độ tâm ảnh; ghép ảnh và nắn ảnh; bình sai khối ảnh và đánh giá độ chính xác; thành lập đám mây điểm, mô hình DSM, và ảnh trực giao; thành lập mô hình không gian 3D; xuất kết quả.



H.1. Mô hình không gian 3D bờ tầng bãi thải mỏ Đèo Nai

2.2. Về ứng dụng máy bay không người lái trong quan trắc sụt lún bề mặt bãi thải

Dịch chuyển và biến dạng bãi thải được đặc trưng bởi đất đá rời rạc, bị co nén chặt và ổn định dần dần. Độ ổn định của bãi thải phụ thuộc vào tính chất cơ học đất đá thải và nền bãi thải, đặc điểm địa chất thủy văn của nền bãi thải, điều kiện khí hậu, địa hình khu vực đổ thải, và công nghệ đổ thải. Theo quy luật tự nhiên, các bãi thải mới có xu hướng lún xẹp do đặc điểm co nén của đất đá rời rạc. Quá trình co nén diễn ra mạnh mẽ ở giai đoạn đầu sau khi đổ thải, và giảm dần theo thời gian. Theo đánh giá, thông thường 90-95% độ lún diễn ra trong 6 tháng đầu với đất đá mềm, và 10 tới 12 tháng đối với đất đá cứng. Đây là quá trình không gây nguy hại tới hoạt động đổ thải hay môi trường xung quanh.

Để đánh giá độ ổn định của bãi thải, thông thường cần tiến hành quan trắc xác định các hiện

tượng sụt lún, dịch chuyển và biến dạng xảy ra ở bãi thải. Phương pháp quan trắc được thực hiện bởi trắc địa mô, sử dụng quy trình kỹ thuật và thiết bị đo đạc theo TCVN-10673:2015. Tuy nhiên, trên thực tế, các hiện tượng như sạt lở, xói lở, hay trượt khối với phạm vi và đại lượng lớn thường diễn ra với tốc độ nhanh, thời gian ngắn, và không phải lúc nào cũng tuân theo quy luật như giới thiệu ở trên. Các phương pháp quan trắc truyền thống dù cho độ chính xác cao nhưng không đảm bảo được mức độ chi tiết và yếu tố thời gian. Do đó, một giải pháp thu thập dữ liệu chi tiết nhanh chóng, cho phép đánh giá nhanh hiện trạng và dự báo các đại lượng dịch chuyển biến dạng của bãi thải là rất cần thiết.

Công nghệ bay chụp UAV đã được nhiều nghiên cứu đánh giá là có thể đạt độ chính xác cỡ cm về cả mặt bằng và độ cao trong thành lập mô hình số bề mặt (DSM). Mặc dù khó đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác theo TCVN-10673:2015, nhưng có thể đáp ứng được về độ chính xác xác định các hiện tượng trượt lở, xói lở hay khối trượt ở bãi thải. Một đặc điểm quan trọng khác của công nghệ UAV so với công nghệ đo đạc truyền thống là công tác đo đạc ngoại nghiệp nhanh chóng. Sản phẩm là đám mây điểm 3D dày đặc, mô hình số độ cao, ảnh trực giao có độ phân giải cao, cho hình ảnh rõ nét về các đối tượng trên bãi thải.

Về cơ bản, để xác định được dịch chuyển và biến dạng bề mặt bãi thải cần bay chụp ở ít nhất hai chu kỳ: chu kỳ 0 là chu kỳ đầu tiên được thực hiện ngay sau khi đổ thải diễn ra; chu kỳ 1 là chu kỳ sau, có thể thực hiện ở bất cứ thời điểm nào cần đánh giá chuyển dịch và biến dạng của bãi thải. Tại mỗi chu kỳ, tiến hành bay chụp UAV theo đúng quy trình, bao gồm: thiết kế phương án bay chụp; lập điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra; bay chụp thu nhận ảnh; xử lý ảnh; tạo DSM và ảnh trực giao. Tuy nhiên, để đảm bảo độ chính xác mặt bằng và độ cao cao nhất cho các sản phẩm ảnh trực giao và DSM, cần lựa chọn độ cao bay chụp phù hợp và lập điểm khống chế ảnh với độ chính xác tốt nhất có thể. Về sụt lún, phát hiện được trong phạm vi từ 20 cm trở lên. Về mặt bằng, cần các kỹ thuật nâng cao để xác định dịch chuyển. Cụ thể, phương pháp tương quan ảnh được sử dụng nhằm xác định dịch chuyển của các điểm ảnh trên cặp ảnh. Các điểm ảnh có giá trị hiệp phương sai (covariance) thấp sẽ bị loại bỏ. Phép lọc làm mịn Gaussian được áp dụng để loại bỏ các nhiễu có tần số cao (high-

frequency noise), và sai số hệ thống về nấn ảnh cũng sẽ bị loại bỏ. Dịch chuyển trên mặt phẳng nằm ngang theo hai hướng Đông – Tây và Nam – Bắc được xác định.

Bên cạnh việc sử dụng máy bay không người lái trong quan trắc sụt lún bề mặt bãi thải, công nghệ này còn ứng dụng trong giám sát và xác định các biến dạng bãi thải. Các yếu tố chính có thể gây ra biến dạng bãi thải bao gồm: độ dốc địa hình, lượng chất thải ở mỗi vỉa, số lượng, chiều rộng, chiều cao và độ dốc của các tầng được hình thành, sự gia tăng tải trọng ở các tầng dưới do hình thành các tầng mới ở phía trên, độ nghiêng dốc tổng thể phụ thuộc vào bề mặt địa hình được hình thành sau khi đổ thải. Phương pháp GNSS và công nghệ UAV có thể sử dụng để xác định các tham số ảnh hưởng đến biến dạng bãi thải nêu trên. Để theo dõi các biến dạng này, một mạng lưới GNSS bao gồm các điểm trên các tầng của bãi thải và một số điểm ổn định ở bên ngoài. Các điểm này được chọn ở vị trí bằng phẳng để thuận tiện cho việc đo đạc. Trong phương pháp này, dịch chuyển định kỳ tại các điểm được xác định bằng phương pháp GNSS. Sau đó, khối lượng đất đá ở bãi thải, độ dốc và biến dạng của các khu vực bãi thải được xác định bằng phương pháp chụp ảnh UAV.

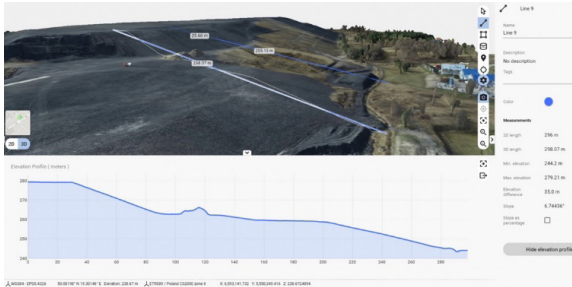
2.3. Về ứng dụng máy bay không người lái trong xác định xói mòn bề mặt bãi thải

Lượng mưa là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tình trạng của bãi thải khai thác. Ngoài việc rửa trôi các chất gây ô nhiễm từ chất thải, lượng mưa góp phần làm xói mòn các sườn dốc và kết quả là hình thành nhiều rãnh xói mòn. Hiện tượng này cũng có thể ảnh hưởng đến tình trạng nhiệt của bãi thải. Dưới ảnh hưởng của lượng mưa, các hạt mịn của vật liệu thải chất thành đồng liên tục bị bào mòn từ các mái dốc của bãi chứa. Ở những khu vực có lượng mưa nhỏ, khả năng xói mòn là rất thấp vì lượng mưa không đủ để tạo thành dòng chảy. Quá trình hình thành dòng chảy phụ thuộc nhiều vào cường độ của trận mưa và lượng mưa với cường độ lớn sẽ ảnh hưởng nhiều đến bãi thải khai thác, làm trôi cây đã trồng hoặc tỷ lệ cây sống không đảm bảo đối với sườn dốc đã bị xói mòn. Ngoài ra, hiện tượng vận chuyển hạt mịn cùng với nước xâm nhập vào bãi sẽ xảy ra khi mưa. Kết quả của hiện tượng này làm không khí và nước thấm vào sâu hơn. Do đó, quá trình oxy hóa cacbon ở

nhệt độ thấp trong chất thải với sự hiện diện của oxy từ không khí và nước được tăng cường. Nhiệt độ bất thường cùng với lượng mưa lớn cung cấp độ ẩm thích hợp đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc tự cháy nội sinh tự nhiên các loại vật liệu bãi thải. Hiện tượng cháy là do tính chất tự nhiên của đất đá và đặc biệt gây ô nhiễm nghiêm trọng đến môi trường. Vì vậy, xác định tác động của mưa đến xói mòn trên các mái dốc của bãi thải và trạng thái nhiệt của nó là cần thiết. Kỹ thuật trắc địa hiện đại được sử dụng trong những năm gần đây mang lại nhiều cơ hội để kiểm tra tình trạng của các loại bề mặt khác nhau. Công nghệ chụp ảnh tầm thấp và quét laze cho phép lập bản đồ địa hình chính xác bề mặt của các bãi thải. Các phương pháp này có độ chính xác cao hơn nhiều so với phương pháp trắc địa truyền thống [11].

Với công nghệ UAV, địa hình của bề mặt dốc được thể hiện dưới dạng đám mây điểm với tọa độ đã biết x, y, z. Ngoài ra, Sườn dốc của bãi thải thường thoải với góc dốc không lớn hơn 30 độ. Tuy nhiên, trong trường hợp không có hệ thống thoát nước và lớp phủ sinh học, nước mưa sẽ chảy mạnh theo dòng chảy. Do đó, hiện tượng xói mòn do nước mưa có thể xảy ra ở nhiều khu vực trên sườn bãi thải. Xói mòn gia tăng sẽ làm ảnh hưởng đến những nơi liên quan đến các dòng trầm tích này. Đặc biệt, đối với những bãi thải tái sử dụng nhờ trồng cây để cải tạo và phục hồi môi trường, tại vị trí xói mòn có thể sẽ giảm sản lượng trồng trọt và phá vỡ hệ sinh thái.

Ảnh thu được từ thiết bị UAV được sử dụng để thành lập ảnh trực giao, đám mây điểm bề mặt bãi thải và sườn dốc, mô hình số bề mặt, mô hình số địa hình của toàn bộ bãi thải. Chi tiết bề mặt của bãi thải có thể quan sát và phân tích chi tiết dựa vào mô hình 3D. Ngoài ra, có thể xác định các kích thước của bất kỳ đối tượng nào trong khu vực nghiên cứu và vùng lân cận của nó, ví dụ: chiều dài, chiều rộng, diện tích bề mặt của bất kỳ phần tử nào trong bãi chứa, độ nghiêng của mái dốc, mặt cắt, độ che phủ của thảm thực vật, v.v. (hình H.2). Từ mô hình 3D của sườn dốc có thể phân tích tình trạng bề mặt của chúng với sự phát triển xói mòn do nước. Các rãnh xói mòn riêng lẻ có thể được quan sát chi tiết trên các mô hình, xác định chiều dài, chiều rộng, chiều sâu và biến dạng của mặt cắt dọc theo một hướng bất kỳ.



H.2 . Mô hình 3D của một bãi thải than và mặt cắt của một sườn bãi thải [11]

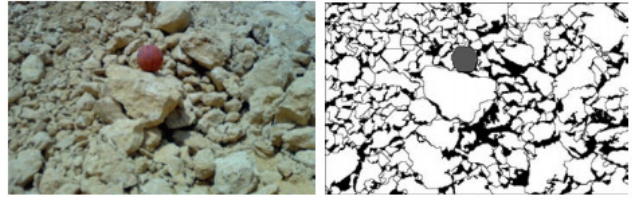
2.4. Về ứng dụng máy bay không người lái trong phân tích thành phần cỡ hạt đất đá trên bãi thải

Trong quá trình khai thác mỏ, đặc biệt đối với các mỏ lộ thiên, đất đá thải xuất hiện ở nhiều giai đoạn khác nhau, bao gồm lớp đất phủ, đất đá quanh quặng có giá trị khai thác kém, đất đá sau khi đã lọc lấy quặng. Sau toàn bộ quá trình này, một khối lượng lớn đất đá với cỡ hạt từ lớn tới vô cùng mịn sẽ bị thải ra môi trường.

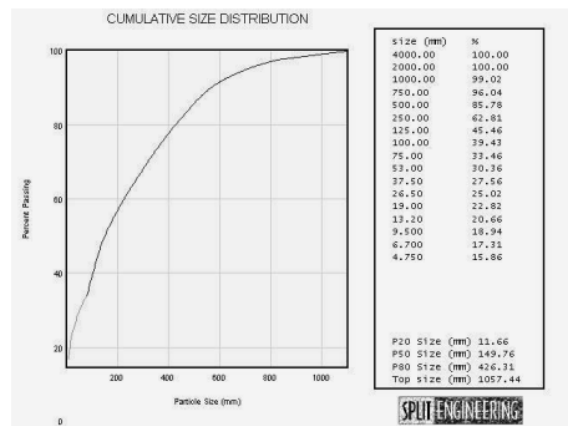
Việc xác định chính xác kích cỡ hạt đất đá trên bãi thải có ý nghĩa quan trọng cho hoạt động quản lý đổ thải, đảm bảo an toàn cho bãi thải. Nội dung này có nhiều điểm tương đồng với phân tích thành phần kích cỡ hạt đất đá sau nổ mìn. Trong lĩnh vực nổ mìn, việc đo đạc kích thước của đất đá sau nổ mìn đóng vai trò quan trọng cho đánh giá tính hiệu quả của hoạt động nổ mìn [12], và một trong các kỹ thuật phân tích kích cỡ hạt đất đá sau nổ mìn là kỹ thuật phân tích ảnh (image analysis techniques). Bên cạnh kỹ thuật trực tiếp là kỹ thuật phân tích qua sàng lọc vốn tốn nhiều thời gian, sức lao động, và khá đắt đỏ [13], thì kỹ thuật phân tích ảnh là kỹ thuật gián tiếp được đánh giá là hiện đại, hiệu quả, nhanh chóng, và chính xác. Hiện nay, kỹ thuật phân tích ảnh số ngày càng trở lên phổ biến nhờ những tiến bộ vượt bậc trong xử lý và phân tích ảnh số.

Phần mềm Split-Desktop được sử dụng khá phổ biến trong phân tích kích cỡ hạt đất đá sau nổ mìn, có 5 bước chính để thực hiện với phần mềm này, bao gồm: xác định tỉ lệ ảnh (scale) của mỗi ảnh; vẽ các đường phân mảnh các khối đất đá trên ảnh; chỉnh sửa các đường ranh giới các khối đất đá; tính toán kích thước của các khối đất đá; và hiển thị kết quả [14]. Thông thường, ảnh đầu vào của phần mềm là ảnh chụp trực tiếp bãi đất đá. Để

có thể đo đạc được kích thước các khối đất đá, cần đặt vào đó một hoặc hai quả bóng có kích thước xác định (hình H.3). Kết quả phân tích kích cỡ hạt bằng phần mềm như hình H.4.



H.3. Ảnh chụp bãi đất đá sau nổ mìn và phân mảnh các khối đất đá [14]



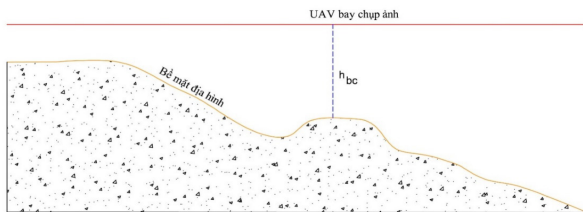
H.4. Kết quả xác định kích cỡ hạt đất đá [14]

Tuy nhiên, việc xác định kích cỡ hạt đất đá sau nổ mìn thường thực hiện cho một khu vực có phạm vi nhỏ, trong khi đó, phạm vi của bãi thải cần xác định kích thước hạt thường lớn hơn rất nhiều, do đó, cần nhiều ảnh chụp hơn. Điều này dẫn tới tốn thời gian và sức lao động, do người chụp ảnh phải di chuyển trên bãi thải để chụp ảnh từng khu vực. Một giải pháp sử dụng thiết bị UAV để chụp ảnh khu vực bãi thải phục vụ phân tích kích cỡ hạt đất đá được xem là hợp lý. Như đã phân tích ở trên, công nghệ UAV có các ưu điểm như ảnh chụp có độ phân giải cao, an toàn, tiết kiệm thời gian và sức lao động. Người điều khiển không cần phải di chuyển trực tiếp trên bãi thải, nên tránh được các rủi ro về trượt lở, sụt lún, hay tai nạn do đá lăn, và va chạm với các thiết bị vận tải, san gạt đang hoạt động. Về cơ bản, quy trình bay chụp UAV vẫn bao gồm các bước như đã trình bày ở trên. Tuy nhiên, để xác định được các kích thước hạt đất đá nhỏ cỡ mm, rõ ràng ảnh UAV chụp phải có độ phân giải cao. Trong khi thông số máy ảnh là cố định, độ phân giải ảnh chụp UAV phụ thuộc vào chiều

cao bay chụp. Cần lựa chọn chiều cao bay chụp để đảm bảo điều này.

Hiện nay, có hai chế độ bay, bao gồm chế độ bay với độ cao cố định (hình H.5), và chế độ bay với chiều cao từ mặt đất tới máy bay thay đổi theo bề mặt địa hình hay UAV bay theo dáng địa hình (hình H.6).

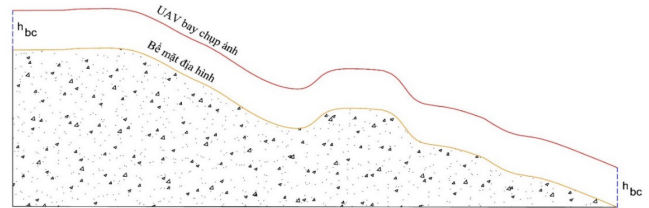
Trường hợp 1: Nếu UAV bay theo độ cao cố định, cần phải tính toán lựa chọn vị trí cất cánh cho UAV đảm bảo được an toàn cho thiết bị đồng thời đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu. Với trường hợp này, trong quá trình bay UAV chỉ bay ở 1 độ cao cố định. Để thực hiện phương pháp bay này có thể không cần thiết phải biết trước DSM và DEM của địa hình. Tuy nhiên, cần phải tính toán chiều cao bay chụp để có được GSD đảm bảo độ phân giải theo yêu cầu.



H.5. UAV bay theo độ cao bay cố định

Trường hợp 2: UAV được điều khiển bay theo dáng địa hình, không cần tính toán đến yếu tố cất cánh theo độ cao cho UAV, vì UAV sử dụng cảm biến phía dưới máy bay để xác định chiều cao bay chụp, trong suốt quá trình bay chiều cao bay của UAV sẽ giữ nguyên nhưng độ cao bay thì thay đổi theo dáng địa hình. Ưu điểm của phương pháp bay này là luôn giữ được chiều cao bay chụp cố định, giảm thiểu được sự ảnh hưởng của sự thay đổi về độ cao địa hình đến GSD. Tuy nhiên, phương pháp này lại đòi hỏi phải biết trước DSM hoặc DEM của

địa hình (không phải lúc nào cũng có được, đặc biệt tại các vùng khảo sát mới). Nếu tính toán bề mặt địa hình tham chiếu cho UAV sai sẽ dẫn tới mất an toàn cho UAV. Ngoài ra, trong quá trình bay chụp máy bay phải thay đổi độ cao bay liên tục sẽ tiêu hao nhiều năng lượng dẫn đến tốn nhiều pin.



H.6. UAV bay theo dáng địa hình

3. KẾT LUẬN

Thiết bị bay không người lái là một công nghệ hiện đại, có khả năng thay thế con người và các phương pháp truyền thống trong công tác quan trắc và đánh giá độ ổn định bãi thải cho các mỏ lộ thiên. Các ưu điểm của các thiết bị bay không người lái đã được chứng minh thông qua các kết quả nghiên cứu thực nghiệm. Với các thành tựu áp dụng UAV trên thế giới, hoàn toàn có thể áp dụng trong công tác quan trắc, đánh giá độ ổn định bãi thải cho các mỏ lộ và mang lại hiệu quả về mặt kỹ thuật như: có khả năng quan trắc, đánh giá toàn diện hơn, quan trắc tại những vị trí nguy hiểm mà con người và các phương pháp truyền thống không thể thực hiện được; có khả năng mô hình hóa 3D một cách chính xác, các ảnh chụp có độ phân giải cao giúp các nhà khoa học và các kỹ sư phân tích kích thước cỡ hạt, đánh giá độ ổn định bãi thải được chính xác hơn, mà còn mang lại hiệu quả về mặt kinh tế và môi trường với khối lượng công việc lớn, thời gian xử lý nhanh chóng, chính xác, giảm thiểu tối đa các nguy cơ mất an toàn và trượt lở bãi thải trên các mỏ lộ thiên □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Indresh Rathore, N.P. Kumar (2015), Unlocking the potentiality of UAVs in Mining Industry and its Implications, in: International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, pp. 852-855.
2. T. McLeod, C. et al.(2013), Using Video Acquired from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to Measure Fracture Orientation in an Open-Pit Mine, GEOMATICA, 67 173-180.
3. C. Cryderman, et al.(2014), Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations, GEOMATICA, 68 ,309-317.
4. Lee Sungjae, C. Yosoon (2015), Topographic survey at small-scale open-pit mines using a popular rotary-wing unmanned aerial vehicle (drone), Tunnel & Underground Space, 25.

5. S. Lee, Y. Choi (2015), On-site demonstration of topographic surveying techniques at open-pit mines using a fixed-wing unmanned aerial vehicle (drone), Tunnel and Underground Space, 25, 527-533.
6. J. Suh, Y. Choi (2017), Mapping hazardous mining-induced sinkhole subsidence using unmanned aerial vehicle (drone) photogrammetry, Environmental Earth Sciences, 76, 144.
7. D. Wierzbicki, M. Nienaltowski (2019), 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, 8, 83.
8. Võ Chí Mỹ, Robert Duda (2014), Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học-Công nghệ mỏ toàn quốc, Vũng Tàu.
9. Dieu Tien Bui, et al. (2019), 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) 17-33.
10. Nguyen Quoc Long, B.X. Nam, C.X. Cuong, L.V. Canh, An approach of mapping quarries in Vietnam using low-cost Unmanned Aerial Vehicles, International Journal of Sustainable Development, 11(2):199-210.
11. Rózański, Zenon, et al. (2021), The impact of precipitation on state of the slopes surface and thermal activity of the mine waste dump – preliminary study,” Journal of Sustainable Mining: Vol. 20 : Iss. 1
12. G.C. Hunter et al. (2021), A review of image analysis techniques for measuring blast fragmentation, Mining Science and Technology, 11 (1990) 19-36.
13. M. Esmaeili et al. (2015), Application of PCA, SVR, and ANFIS for modeling of rock fragmentation, Arabian Journal of Geosciences, 8 (2015) 6881-6893.
14. F.I. Siddiqui (2009), Measurement of size distribution of blasted rock using digital image processing, Engineering Sciences, 20.

ASSESSMENT OF THE APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR MONITORING AND STABILITY ASSESSMENT OF WASTE DUMP

Nguyen Tam Tinh, Pham Duy Thanh

ABSTRACT

This paper presents some results in terms of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) applications for measuring and evaluating the stability of dump sites in open-pit mines. Accordingly, UAV has been applied to establish the three-dimension map of dump sites. The methodology as well as the image analyses, processing were also introduced in this work. Besides, the application of UAV in measuring the subsidence of dump sites was also proposed in comprehensively. Rock fragment sizes and their distribution were also taken into account as the significant factors that can affect the instability of dump sites. Therefore, they have also been mentioned and discovered in this paper using the UAV technology and image analysis based on the Split-Desktop software. These technologies allow engineers and researchers accurately analyze and calculate the components, size, and distribution of rocks in dump sites. Finally, reasonable dumping solutions for long-term stabilization of dump sites/landfills in open-pit mines can be proposed.

Keywords: dump site, open-pit mine, unmanned aerial vehicle, waste dump stability.

Ngày nhận bài: 21/11/2021;

Ngày gửi phản biện: 21/11/2021;

Ngày nhận phản biện: 15/12/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 10/01/2022.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam