

# GIÁM SÁT KHAI THÁC KHOÁNG SẢN BẰNG CÔNG NGHỆ KẾT HỢP ẢNH VỆ TINH VÀ ẢNH CHỤP TỪ THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI THỰC NGHIỆM TẠI TỈNH YÊN BÁI

Lê Minh Huệ<sup>1</sup>, Vũ Thị Thanh Hiền<sup>1</sup>, Đỗ Thị Phương Thảo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Đài Viễn thám Trung ương, Cục Viễn thám Quốc gia

<sup>2</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

## Tóm tắt

Giám sát hoạt động khai thác khoáng sản (KTKS) là công tác thanh tra, kiểm tra đối với việc thăm dò, khai thác khoáng sản của các tổ chức, cá nhân theo giấy phép của cơ quan Nhà nước có thẩm quyền để phát hiện, xử lý đối với hoạt động trái phép. Các khu vực diễn ra khai thác khoáng sản trái phép thường ở vùng sâu, vùng xa; nơi có hạ tầng thấp kém, đi lại hết sức khó khăn nên sử dụng tư liệu viễn thám đảm bảo khả năng có thể giám sát trên một phạm vi lãnh thổ rộng trong cùng một thời điểm, khách quan và có khả năng cập nhật, xử lý thông tin nhanh. Mục tiêu bài báo là dựa vào những đặc tính ưu việt của ảnh viễn thám và bằng các giải pháp kỹ thuật xử lý, phân tích, chiết tách, giải đoán ảnh để phát hiện những đối tượng môi trường sinh thái bị tác động do việc khai thác khoáng sản gây ra cùng với sự biến động của chúng. Sử dụng kết hợp ảnh viễn thám với ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái (UAV) để xác định chính xác diện tích các khu vực khai thác khoáng sản theo ảnh đa thời gian nhằm tính toán sự biến động về diễn biến hoạt động KTKS qua các thời kỳ của ảnh, phục vụ cho công tác quản lý tài nguyên môi trường.

**Từ khóa:** Khai thác khoáng sản; Viễn thám; UAV; Yên Bái.

## Abstract

### ***Monitoring mining activities by using satellite imagery data and UAV images: a case study in Yen Bai province***

Monitoring mining activities is the inspection and examination of mineral exploitation of organizations and individuals complying with the license generated by competent State agencies in order to detect and handle illegal mining activities. In fact, illegal mining activities often occur in remote areas where have poor infrastructure and difficulties to get into. Using remote sensing data is able to monitor a large area, objectively and have the ability to update and process information quickly. This study aims to detect environmental impacts from mining activities using remote sensing technology. Both satellite imagery data and UAV images were used to accurately detect spatiotemporal variation of mining areas, contributing to the management of environmental resources.

**Keywords:** Mining; Remote sensing; UAV; Yen Bai.

## **1. Đặt vấn đề**

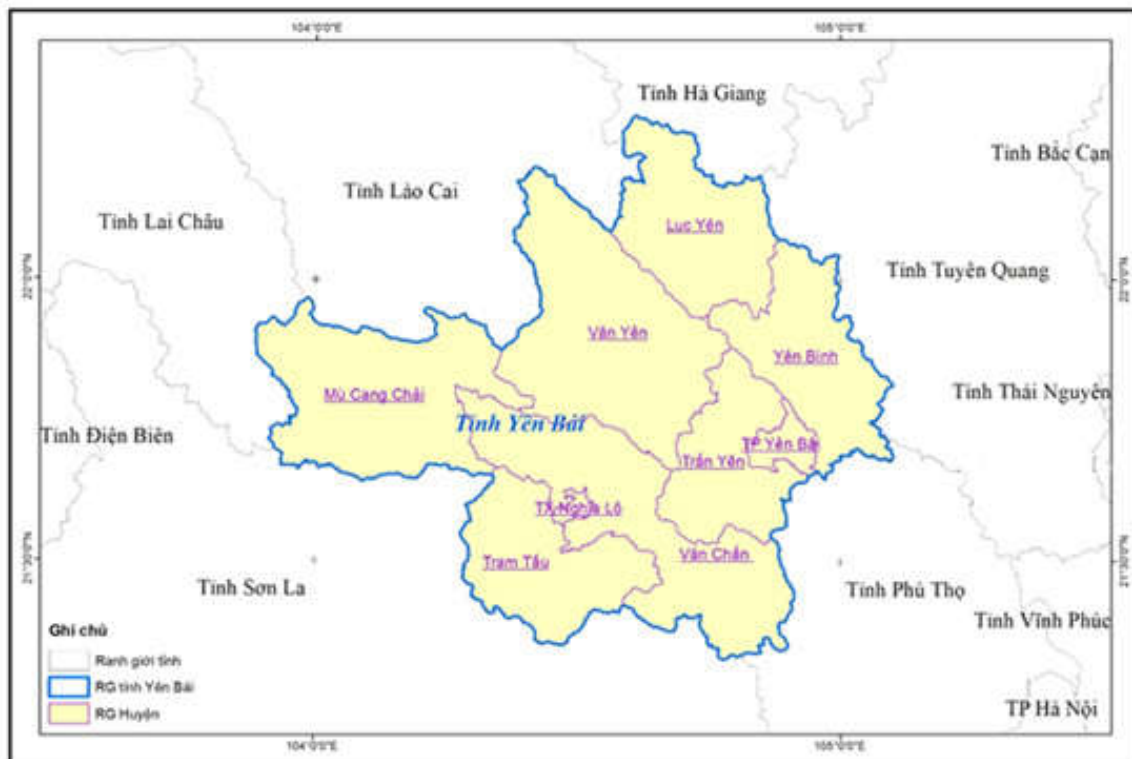
Hiện nay, hoạt động khai thác khoáng sản trái phép, nhất là đối với khoáng sản quý, hiếm như vàng, quặng chì, kẽm, quặng mangan,... diễn biến ngày càng phức tạp, tinh vi. Các khu vực diễn ra khai thác trái phép thường ở vùng sâu, vùng xa; nơi có hạ tầng thấp kém, đi lại hết sức khó khăn trong khi lực lượng cơ quan thực hiện chức năng thanh tra, kiểm tra của Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam còn khá mỏng, lực lượng làm công tác này ở các địa phương cũng thiếu về phương tiện, số lượng, thiết bị thì không đáp ứng yêu cầu nên việc phát hiện kịp thời và xử lý hoạt động khai thác khoáng sản trái phép hết sức khó khăn [1]. Nhu cầu ứng dụng công nghệ viễn thám để quản lý tài nguyên thiên nhiên trước hết là tài nguyên đất, tài nguyên nước, tài nguyên khoáng sản, tài nguyên rừng,... và giám sát môi trường ngày càng trở nên bức xúc và trở thành một trong các nhiệm vụ chủ đạo của ứng dụng và phát triển công nghệ của nước ta. Ảnh vệ tinh có nhiều đặc tính ưu việt đáp ứng yêu cầu đối với công tác giám sát tài nguyên trái đất được nghiên cứu thông qua một dải quang phổ rộng với nhiều bước sóng khác nhau từ dải sóng nhìn thấy được đến dải sóng hồng ngoại nhiệt [1]. Các thế hệ vệ tinh mới được bổ sung thêm các tính năng quan sát trái đất tốt hơn với những quy mô không gian khác nhau, cung cấp một lượng thông tin phong phú về các phản ứng quang phổ của các hợp phần trên trái đất như: đất, nước, thực vật. Trên thế giới, từ năm 1998 T. Woldai và nnk sử dụng ảnh vệ tinh Landsat TM/MSS để xác định sự biến động trong thảm phủ và sự ô nhiễm gây ra từ hoạt động khai thác tại khu mỏ Tharsis ở Tây Nam

Tây Ban Nha [5]. Năm 2000 Woldai & Limptlaw cũng đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat TM/MSS và ảnh hàng không được chụp từ các thời kỳ khác nhau để theo dõi biến động do hoạt động khai thác mỏ tại mỏ Ndola, Zambia thông qua việc xác định sự hiện diện của thực vật sống, đập vật liệu bãi thải và khu vực không có quặng như nước mặt và cơ sở hạ tầng khu mỏ [6]. F.D. Van der Meer và nnk, (2012) sử dụng ảnh ASTER có 6 kênh ở dải sóng ngắn hồng ngoại và 5 kênh ở vùng nhiệt cho phép đưa ra các bản đồ định tính bề mặt của các khoáng vật sét (kaolinit, illit), các khoáng vật sunphat (alunit), khoáng vật cacbonat (canxit, dolomit), oxit sắt (hematit, gotit) và silica (thạch anh) cho phép xây dựng các bản đồ pha biến đổi (propylitic, argillic,...) [2]. Tại Việt Nam, từ trước đến nay, nhất là sau khi Luật khoáng sản số 60/2010/QH12 ngày 17 tháng 11 năm 2010 của Quốc Hội và Chiến lược khoáng sản đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030 số 2427/QĐ-TTg ngày 22 tháng 12 năm 2011 của Thủ tướng Chính phủ được ban hành, đã có một số nghiên cứu trong việc sử dụng công nghệ cao phục vụ khảo sát địa chất, tìm kiếm thăm dò khoáng sản hoặc giám sát sự biến đổi xung quanh khu vực khai thác khoáng sản. Các nghiên cứu khoa học đã đưa ra nhiều ứng dụng về lĩnh vực khai thác khoáng sản nhưng chưa chú trọng đến khía cạnh giám sát, theo dõi khai thác khoáng sản sử dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian, đa số các nghiên cứu tập trung vào giám sát và bảo vệ môi trường quanh khu vực khai thác như nghiên cứu của Vũ Đình Thảo (2010) [4]. Thuộc chương trình Khoa học và Công nghệ cấp Bộ; Mã số: TMNT.2016.08.03 của ThS. Lê Minh Huệ

và nnk có “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám theo dõi, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản. Thử nghiệm phát hiện hoạt động khai thác khoáng sản trái phép vùng Cao Bằng - Thái Nguyên - Bắc Cạn, Quảng Nam - Gia Lai - Kon Tum”. Đề tài đã ứng dụng công nghệ viễn thám quang học trong việc theo dõi, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản. Đề xuất được quy trình phối hợp giữa Cục Viễn thám quốc gia và cơ quan thực hiện chức năng quản lý Nhà nước về khoáng sản trong theo dõi, kiểm soát hoạt động

khai thác khoáng sản [1]. Tuy nhiên, sử dụng ảnh quang học độ phân giải trung bình với các khu vực nhiều mây vẫn khó thu về được kết quả như mong muốn. Mục tiêu của nghiên cứu khẳng định việc kết hợp ảnh viễn thám quang học và ảnh UAV là một phương pháp ứng dụng phù hợp nhằm chiết tách các lớp thông tin về ranh giới vùng hoạt động KTKS, sẽ cải thiện đáng kể kết quả thu được và cho phép chiết tách được nhiều thông tin hơn, tin cậy hơn và chính xác hơn so với chỉ dùng một loại dữ liệu riêng lẻ.

## 2. Khu vực nghiên cứu



**Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu**

Yên Bái là tỉnh miền núi phía Bắc, sâu trong nội địa, nằm giữa 2 vùng Đông Bắc và Tây Bắc. Phía Bắc giáp tỉnh Lào Cai, phía Nam giáp tỉnh Phú Thọ, phía Đông giáp 2 tỉnh Hà Giang, Tuyên Quang và phía Tây giáp tỉnh Sơn La, Lai Châu (Hình 1). Địa hình chia thành 2

vùng lớn: vùng cao và vùng thấp trong đó vùng cao có dân cư thưa thớt, có tiềm năng về đất đai, lâm sản, khoáng sản [3]. Với nguồn khoáng sản phong phú, tỉnh có điều kiện thuận lợi trong việc khai thác và chế biến khoáng sản. Tuy nhiên, tại nhiều nơi trong tỉnh xảy

## Nghiên cứu

ra hiện tượng khai thác khoáng sản trái phép, như đào đãi đá quý ở khu vực xã Bảo Ái, huyện Yên Bình, và xã An Phú, Minh Tiến huyện Lục Yên. Tình trạng đào đãi vàng sa khoáng và khai thác cát sỏi trên sông Hồng (thuộc địa bàn huyện Văn Yên và một số suối nhỏ như trên địa bàn tỉnh) vẫn diễn biến phức tạp. Nạn khai thác đá cảnh tại thôn Suối Lóp, xã Suối Giàng, huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái là một thực trạng nhức nhối khiến người dân địa phương bức xúc nhiều năm qua, nhưng đến nay vẫn không hề có dấu hiệu chấm dứt. Thậm chí, càng ngày, môi trường quanh những mỏ đá này càng bị xâm phạm, tàn phá nghiêm trọng hơn [3]. Do vậy, cần thiết việc ứng dụng khoa học công nghệ trong theo dõi, quản lý, giám sát thường xuyên các hoạt động khai thác khoáng sản tránh làm thất thoát tài nguyên, tác động xấu đến cảnh quan, môi trường...

## 3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 3.1. Dữ liệu nghiên cứu

- Tài liệu về cấp phép khai thác khoáng sản: gồm hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp tỉnh và hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp Bộ.

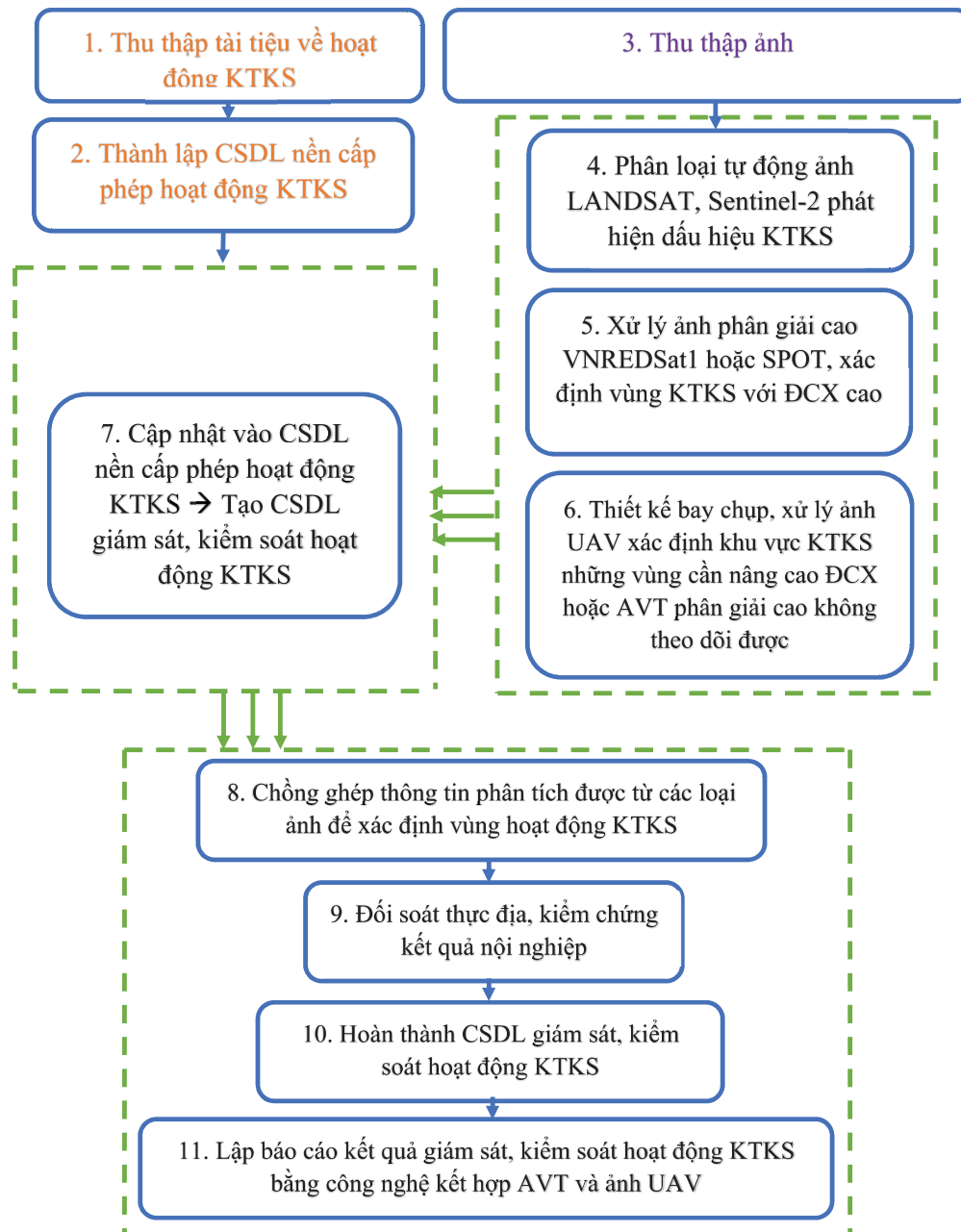
- Ảnh Sentinel-2: Sentinel là tên của một loạt các vệ tinh quan sát trái đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan Không gian Châu Âu (ESA). Đây là bộ cơ sở dữ liệu ảnh rất lớn của Mỹ và Châu Âu gồm NASA, USGS và ESA đã được tích hợp toàn bộ vào hệ thống cơ sở dữ liệu của Google Earth Engine (GEE). Mỗi nguồn dữ liệu có sẵn trên GEE đều có ID và có thể tra cứu tại danh mục GEE qua trang web <https://earthengine.google.com/datasets/>. Bảng 1 mô tả dữ liệu Sentinel-2 trong nghiên cứu này, được truy xuất từ bộ sưu tập hình ảnh trong GEE từ 01 tháng 9 năm 2019 đến 30 tháng 12 năm 2020.

**Bảng 1. Dữ liệu ảnh Sentinel-2 dùng trong nghiên cứu**

STT	Loại ảnh	Phiên hiệu ảnh	Độ phân giải	Thời gian chụp
1	SENTINEL 2	S2C_TinhYenBai_1_2019-01-01_2019-09-30.tif	10 m	Tổng hợp từ 01-01-2019_30-09-2019
2	SENTINEL 2	S2C_TinhYenBai_2_2019-10-01_2019-12-30.tif	10 m	Tổng hợp từ 01-10-2019_30-12-2019
3	SENTINEL 2	S2C_TinhYenBai_3_2020-01-01_2020-09-30.tif	10 m	Tổng hợp từ 01-01-2020_30-09-2020
4	SENTINEL 2	S2C_TinhYenBai_4_2020-10-01_2020-12-30.tif	10 m	Tổng hợp từ 01-10-2020_30-12-2020
5	SPOT6	SPOT6_YenBai_20201022.tif	1,5 m	22/10/2020
6	UAV	MONGSON_1.tif	5 cm	05/11/2021
7	UAV	MONGSON_2.tif	5 cm	05/11/2021
8	UAV	MONGSON_3.tif	5 cm	05/11/2021
9	UAV	MONGSON_4.tif	5 cm	05/11/2021
10	UAV	YENTHE_1.tif	5 cm	16/08/2021
11	UAV	YENTHE_2.tif	5 cm	16/08/2021
12	UAV	YENTHE_3.tif	5 cm	16/08/2021
13	UAV	YENTHE_4.tif	5 cm	16/08/2021
14	UAV	YENTHE_5.tif	5 cm	16/08/2021
15	UAV	YENTHE_6.tif	5 cm	16/08/2021

STT	Loại ảnh	Phiên hiệu ảnh	Độ phân giải	Thời gian chụp
16	UAV	YENTHE_7.tif	5 cm	16/08/2021
17	UAV	YENTHE_8.tif	5 cm	16/08/2021
18	UAV	YENTHE_9.tif	5 cm	16/08/2021
19	UAV	YENTHE_10.tif	5 cm	16/08/2021
20	UAV	YENTHE_11.tif	5 cm	16/08/2021
21	UAV	YENTHE_12.tif	5 cm	16/08/2021
22	UAV	YENTHE_13.tif	5 cm	16/08/2021

**3.2. Phương pháp nghiên cứu**



**Hình 2: Quy trình công nghệ kết hợp giữa ảnh viễn thám và ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái trong giám sát kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản**

## Nghiên cứu

Sự kết hợp của cả hai loại dữ liệu ảnh UAV và ảnh viễn thám sẽ cho phép tận dụng những ưu thế về khả năng chụp ảnh tại thời điểm được lựa chọn để chiết xuất ra thông tin về hoạt động khai thác khoáng sản. Mặt khác máy bay không người lái và mô hình bay có điều khiển có thể chủ động về thời gian bay chụp, ít phụ thuộc vào điều kiện mây do trần bay thấp đây cũng là một cách khắc phục nhược điểm mà ảnh viễn thám quang học hay mắc phải. Quy trình công nghệ kết hợp giữa ảnh viễn thám và ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái trong giám sát kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản thể hiện như Hình 2.

- Thu thập các bản đồ, tài liệu về khai thác khoáng sản, lập cơ sở dữ liệu nền cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản. Cập nhật, tạo CSDL giám sát, kiểm soát hoạt động KTKS.

- Thu thập ảnh vệ tinh độ phân giải trung bình (Sentinel-2) và độ phân giải cao (Spot hoặc VNredsat).

- Phân loại ảnh vệ tinh: Các dấu hiệu hoạt động khai thác khoáng sản được thể hiện thông qua sự thay đổi các lớp phủ bề mặt nên theo dõi và phân tích sự thay đổi phủ bề mặt, có thể phát hiện các dấu hiệu hoạt động khai thác khoáng sản.

- Thiết kế bay chụp và giải đoán vùng hoạt động khai thác khoáng sản trên ảnh UAV tại những vùng cần nâng cao độ chính xác hoặc ảnh viễn thám độ phân giải cao không theo dõi được.

- Chồng ghép thông tin phân tích ảnh viễn thám đa thời gian phát hiện diễn biến khai thác khoáng sản, tiến hành thống kê diện tích khu vực khai thác các thời kỳ, so sánh với diện tích cấp phép, vị trí cấp phép. Lập bảng thống kê các khu vực khai

thác khoáng sản, so sánh với diện tích cấp phép.

- Đi thực địa đối soát với kết quả phân tích ở nội nghiệp tại vùng thực nghiệm: Khoanh định, xác định lại diện tích, thống kê diện tích vùng khai khoáng vùng khai KTKS, KTKS trái phép và chuẩn hóa các lớp thông tin địa lý vùng khai thác khoáng sản trái phép, chuẩn hóa cơ sở dữ liệu ảnh viễn thám. Cập nhật kết quả đối soát từ thực địa vào cơ sở dữ liệu về theo dõi, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản vùng thực nghiệm.

- Hoàn thiện cơ sở dữ liệu giám sát hoạt động khai thác khoáng sản. Cập nhật các lớp thông tin về hoạt động KTKS vào CSDL cấp phép, lúc này CSDL đã bao gồm đầy đủ các nhóm lớp thông tin (nền địa lý, cấp phép hoạt động KTKS, hoạt động KTKS). Các lớp thông tin đã được điều chỉnh, chỉnh sửa khớp với kết quả đối soát thực địa. Chuẩn hoá các lớp thông tin về lực nét, màu sắc,... đúng tiêu chuẩn kỹ thuật. Gán các thuộc tính cho các lớp thông tin, cuối cùng xuất ra các bảng số liệu Excel về diễn biến hoạt động KTKS.

- Lập báo cáo kết quả giám sát, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản bằng công nghệ kết hợp ảnh viễn thám và ảnh UAV. Đánh giá và thống kê kết quả trên toàn bộ dữ liệu bao gồm cả dữ liệu số và dữ liệu bản đồ trên các vùng khai thác khoáng sản trái phép.

## **4. Kết quả và thảo luận**

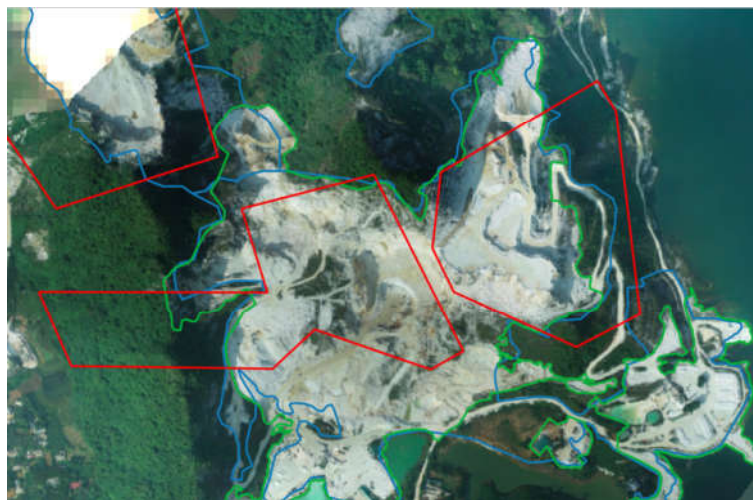
Hình ảnh mỏ khoáng sản, diện tích khai thác, diện tích vượt phép, trái phép, sai phép chiết tách được từ ảnh vệ tinh các thời kỳ và trên ảnh UAV so sánh với hồ sơ cấp phép.



**Hình 3: Ranh giới cấp phép hoạt động KTKS (màu đỏ) và ranh giới vùng KTKS (màu xanh) trên ảnh vệ tinh Sentinel-2 độ phân giải trung bình 10 cm**



**Hình 4: Vùng khai thác khoáng sản tại mỏ đá Mông Sơn - tỉnh Yên Bái với ảnh SPOT6 độ phân giải 1,5 m ở phía dưới, ảnh UAV phân giải 10 cm chồng lên trên**



**Hình 5: Vùng khai thác khoáng sản tại mỏ đá Mông Sơn - tỉnh Yên Bái trên ảnh UAV độ phân giải 10 cm được phóng to**





## Nghiên cứu







Kết quả khảo sát thực địa cho thấy giám sát ở mức độ tổng quan (giám sát cả tỉnh) sử dụng ảnh viễn thám phân giải trung bình như Sentinel-2 đạt độ chính xác từ 10 m đến 15 m về mặt phẳng, tương đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:50000, 1:100000. Giám sát ở mức độ chi tiết (giám sát những vùng cần nâng cao độ chính xác) sử dụng ảnh viễn thám phân giải cao như SPOT 6 đạt độ chính xác từ 1,5 m đến 2,5 m về mặt phẳng, tương đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:10000, 1:25000. Giám sát ở mức độ chi tiết (giám sát những vùng cần nâng cao độ chính xác hơn nữa và những vùng khó thu nhận được ảnh vệ tinh) sử dụng UAV

đạt độ chính xác từ cỡ cen-ti-met về mặt phẳng, tương đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:1000, 1:2000.

Số lượng mỏ giám sát trên toàn tỉnh là 52 mỏ. Các yếu tố đánh giá gồm: (1) các thông tin trong hồ sơ cấp phép KTKS: tên mỏ, số giấy phép, loại khoáng sản, đơn vị được cấp phép, thời hạn khai thác, năm cấp phép, vị trí khai thác, diện tích cấp phép; (2) các thông tin chiết tách trên ảnh: hình ảnh mỏ khoáng sản, diện tích khai thác, diện tích vượt phép, trái phép, sai phép chiết tách được từ ảnh vệ tinh các thời kỳ và trên ảnh UAV so sánh với hồ sơ cấp phép thể hiện ở Bảng 2.

**Bảng 2. Bảng đánh giá tình hình khai thác khoáng sản tại tỉnh Yên Bái**

TT	Số giấy phép	Loại khoáng sản	Vị trí khai thác	Hình ảnh vệ tinh	Diện tích cấp phép (m <sup>2</sup> )	Diện tích trên ảnh (m <sup>2</sup> )	Diện tích trái phép (m <sup>2</sup> )	Tình trạng khai thác
1	1681/GP-BTNMT	Đá hoa	Thôn Trung Sơn, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái		100136	198286	173455	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
2	2010/GP-BTNMT	Đá hoa	Mông Sơn, Làng Can, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình.		62417	134991	110100	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
3	1789/GP-BTNMT	Đá hoa trắng	KV núi Chuông, xã Tân Lĩnh, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		52538	126024	75980	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
4	1529/GP-BTNMT	Đá hoa	KV Kau Tu Na, xã An Phú, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		58948	340470	296500	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép

TT	Số giấy phép	Loại khoáng sản	Vị trí khai thác	Hình ảnh vệ tinh	Diện tích cấp phép (m <sup>2</sup> )	Diện tích trên ảnh (m <sup>2</sup> )	Diện tích trái phép (m <sup>2</sup> )	Tình trạng khai thác
5	1057/GP-BTNMT	Đá hoa	KV Thôn 3, xã An Phú, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		40447	170149	170149	Khai thác ngoài ranh giới cấp phép
6	2010/GP-BTNMT và 991/GP-BTNMT	Đá hoa, đá vôi	KV Mông Sơn, Làn Cạn, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái			550207	367700	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
7	2122/CP-BTNMT	Đá vôi trắng	Thôn Đồng Phú, xã Yên Thắng, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		21609	37848	31690	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
8	313/GP-BTNMT	Đá hoa	Khu vực Nam núi Khau Ca, xã An Phú, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		160776	311157	223500	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
9	1161/GP-BTNMT và 2644/GP-BTNMT	Đá hoa	Khu vực Mông Sơn VI, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái và khu vực Mông Sơn VII, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái			85567	85567	Khai thác ngoài ranh giới cấp phép
10	2943/GP-BTNMT	Đá làm xi măng	Khu vực Mông Sơn VIB, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái.		65605	68369	59270	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép

## Nghiên cứu

Kết quả giám sát cho thấy hầu hết các mỏ KTKS đều không đúng vị trí cấp phép như KTKS ngoài vùng cấp phép, rộng hơn vùng cấp phép, diện tích không đúng cấp phép tương đối lớn như: khu vực Thôn 3, xã An Phú, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái; khu vực KTKS nằm ngoài

vùng cấp phép, đây có thể là trường hợp KTKS trái phép; khu vực Mông Sơn VIB, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái là vùng chưa tìm được hồ sơ cấp phép, nếu thực tế khu vực này không có cấp phép thì cũng là vùng KTKS trái phép (Hình 6).



**Hình 6: Minh họa các vùng KTKS ngoài vùng cấp phép (giữa), rộng hơn vùng cấp phép (trái), diện tích không đúng cấp phép (phải)**

## 5. Kết luận

Giám sát kiểm soát hoạt động KTKS bằng công nghệ ứng dụng kết hợp ảnh viễn thám độ phân giải trung bình, độ phân giải cao và ảnh UAV đem lại hiệu quả cho công tác thanh tra, kiểm tra hoạt động KTKS đồng thời giúp tiết kiệm thời gian, chi phí.

Phương pháp phân loại ảnh Sentinel-2 đảm bảo độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:100000, ảnh phân giải cao Spot 6 đảm bảo độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:10000 và với ảnh UAV độ chính xác tương đương độ phân giải ảnh 5 cm/pixel. Dễ dàng giám sát theo diện tích các vùng cấp phép, vùng chưa được cấp phép hoặc diện tích khai thác không đúng cấp phép.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này là sản phẩm của dự án sản xuất thử nghiệm “Giám sát, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản tại một số tỉnh trọng điểm

phía Bắc bằng công nghệ kết hợp ảnh viễn thám và ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái”. Mã số: SXTN.2020.08.01.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Công việc 3 - Nội dung 12. Nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám theo dõi, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản. Thử nghiệm phát hiện hoạt động khai thác khoáng sản trái phép vùng Cao Bằng - Thái Nguyên - Bắc Cạn, Quảng Nam - Gia Lai - Kon Tum*. Mã số TNMT.2016.08.03.

[2]. Freek D.van der Meer, Harald M.A.van der WerffFrank, J.A.van Ruitenbeek, Chris A.Hecker, Wim H.Bakker, Marleen F.Noomen, Markvan der Meijde, E. John M.Carranza, J. Boudewijn deSmeth Tsehaie Woldai (2012). *Multi- and hyperspectral geologic remote sensing: A review*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 14, Issue 1, February 2012, Pages 112 - 128.

[3]. Trang thông tin điện tử tỉnh Yên Bái.

[4]. Vũ Đình Thảo (2010). *Nghiên cứu công nghệ viễn thám trong việc giám sát môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác mỏ lộ thiên*. Báo cáo đề tài KHCN, Bộ TNMT.

[5]. Woldai, T. & Fabbri, A. (1998). *The impact of mining on the environment - A case study from the Tharsis-Lagunazo mining area, province Huelva, SW Spain*. Workshop on deposit and Geoenvironmental models for resources exploitation and environmental security. NATO advanced study institute,

September 6 - 18, 1998, Mátraháza, Hungary.

[6]. Woldai, Tsehaie & Limptlaw, Daniel (2000). *Impact of mining on the environment in the South African Development Community (SADC), Southern Africa (Issues and Approaches in Mapping with test case from Kitwe mine, Zambia)*. ISPRS. Vol. 32 part 6W8/2: 353 - 370, Ljubljana (Slovenia).

BBT nhận bài: 07/3/2022; Phản biện xong: 16/3/2022; Chấp nhận đăng: 28/6/2022