

# NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ KHU VỰC KHAI THÁC MỎ ĐẤT ĐÁP BẰNG DỮ LIỆU SENTINEL-5P TROPOMI

Lương Ngọc Dũng<sup>a,\*</sup>, Bùi Duy Quỳnh<sup>a</sup>, Trần Đình Trọng<sup>a</sup>, Ngô Văn Dũng<sup>b</sup>, Trần Xuân Dực<sup>c</sup>,

Hoàng Thị An<sup>d</sup>, Lưu Văn Điệp<sup>e</sup>, Bùi Đình Ngọc<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

<sup>b</sup>UBND xã Quảng Nghĩa, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam

<sup>c</sup>Văn phòng Hội đồng Nhân dân – Ủy ban Nhân dân thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam

<sup>d</sup>UBND xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam

<sup>e</sup>UBND phường Hải Hòa, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam

<sup>f</sup>Công ty CP phát triển công nghệ trắc địa Việt Nam – Chi nhánh Quảng Ninh, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam

Nhận ngày 12/12/2022, Sửa xong 16/01/2023, Chấp nhận đăng 30/01/2023

## Tóm tắt

Nguồn dữ liệu sản phẩm viễn thám vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI được lưu trữ và chia sẻ bằng công nghệ điện toán đám mây đã mang lại một giải pháp mới trong việc theo dõi chất lượng không khí. Đặc biệt ở các khu vực công trường khai thác vật liệu xây dựng, nơi không có các trạm quan trắc mặt đất liên tục, giải pháp này có thể hỗ trợ hiệu quả việc theo dõi biến động và phân bố các loại khí thải trong môi trường. Trong bài báo này, giới thiệu ứng dụng công nghệ Google Earth Engine (GEE) để trích xuất các dữ liệu quan trắc nồng độ khí thải CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> khu vực các mỏ khai thác đất đắp thuộc xã Quảng Nghĩa, TP. Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh. Kết quả nghiên cứu là các bản đồ phân bố khí thải cho phép đánh giá mức độ phát tán theo không gian trong suốt quá trình hoạt động của công trường khai thác. Biểu đồ theo dõi nồng độ các loại khí thải CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> cho thấy mức độ ô nhiễm môi trường trong khu vực đảm bảo chỉ tiêu chất lượng không khí. Kết quả này phù hợp với đánh giá quan trắc của các báo cáo đánh giá tác động môi trường đã thực hiện.

*Từ khóa:* quan trắc ô nhiễm không khí; dữ liệu viễn thám; khai thác vật liệu xây dựng; Sentinel-5P TROPOMI; Google Earth Engine.

SOLUTIONS OF AIR POLLUTION MONITORING WITH SENTINEL-5P TROPOMI DATA OVER MINING AREA

## Abstract

Sentinel-5P TROPOMI satellite data source is stored and shared by cloud technology which has brought a new solution in the field of air quality monitoring. In mining sites, where there are no continuous ground monitoring stations, this solution can effectively support the monitoring of fluctuations and distribution of emissions in the environment. In this paper, the application of Google Earth Engine (GEE) technology is introduced to extract monitoring data of CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> emissions around embankment mines in Quang Nghia commune, Mong Cai City, Quang Ninh province. The results are the emission distribution maps which allow the assessment of spatial dispersion during the operation of the mining site. The chart to monitor the concentration of CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> emissions shows the level of environmental pollution in the area to ensure the air quality criteria. This result is consistent with the observational assessment of the environmental impact assessment reports that have been made.

*Keywords:* air pollution monitoring; remote sensing data; construction materials mining; Sentinel-5P TROPOMI; Google Earth Engine.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2023-17\(1V\)-06](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2023-17(1V)-06) © 2023 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [dungln@huce.edu.vn](mailto:dungln@huce.edu.vn) (Dũng, L. N.)

## 1. Giới thiệu

Ngày nay, ô nhiễm không khí là một trong những vấn đề cấp bách nhất, quan trọng nhất tại các quốc gia trên thế giới. Bên cạnh các khu vực đô thị, công trường khai thác mỏ đất đắp xây dựng cũng là nơi có nhiều ô nhiễm khói bụi không khí gây ra các tác động làm suy giảm sức khỏe của người dân. Đất đá thải của khu vực khai thác sau khi bị phá vỡ kết cấu trở nên bờ rời, vỡ vụn nên khi được đổ từ trên cao xuống và được san gạt bằng xe gạt sẽ tạo ra lượng bụi lớn phát tán vào môi trường không khí. Ngoài ra  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  được phát thải vào khí quyển do kết quả của các hoạt động con người (ví dụ, đốt nhiên liệu hóa thạch và đốt sinh khối, nổ mìn). CO cũng là kết quả của quá trình đốt cháy không hoàn toàn các nhiên liệu chứa cacbon, chẳng hạn như xăng dầu và khí tự nhiên. Nhiên liệu sử dụng chủ yếu của quá trình khai thác mỏ là sử dụng Diesel để cấp cho vận hành các phương tiện, máy móc các hoạt động nổ mìn phá đá. Đây chính là các tác nhân gây ra thành phần khí thải chủ yếu là CO,  $\text{NO}_2$  và  $\text{SO}_2$  [1].

Thông thường với những khu vực khai thác có thể giám sát nồng độ khói bụi bằng các hệ thống máy quan trắc. Đánh giá ô nhiễm không khí khu vực khai thác vật liệu xây dựng đối với 3 loại mỏ đá vôi, đá bazan và đất sét [2], các thiết bị quan trắc đo nhanh tự động được sử dụng để lấy số liệu  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  và CO ở ba thời điểm cụ thể trong ngày. Hoặc để theo dõi chất lượng không khí các khu vực lớn, hệ thống mạng lưới các trạm quan trắc môi trường không khí liên tục, tự động 24/24h được sử dụng [3, 4]. Cách thức đo đạc, thu thập số liệu tại hiện trường hoặc lấy mẫu về xử lý trong phòng thí nghiệm đòi hỏi chi phí xây dựng, vận hành, bảo trì trạm quan trắc rất lớn. Bên cạnh đó việc giám sát chất lượng không khí bằng dữ liệu trạm quan trắc chỉ giới hạn trong một khoảng không gian nhất định. Khắc phục các hạn chế của việc giám sát ô nhiễm không khí bằng dữ liệu trạm quan trắc, đã có rất nhiều nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám vệ tinh để xây dựng các loại bản đồ phân vùng khói bụi không khí [5–8].

Mỏ đất đắp xây dựng là khu vực có thời gian khai thác nên việc xây dựng trạm quan trắc liên tục là không hợp lý. Việc thu thập mẫu hiện trường chỉ đáp ứng được tính thời điểm và không xác định được phân bố không gian ô nhiễm. Trong trường hợp này, sử dụng ảnh viễn thám để giám sát ô nhiễm không khí sẽ là giải pháp rất phù hợp. Dựa trên các sản phẩm từ nguồn dữ liệu giám sát khí quyển (TROPOMI) của vệ tinh Sentinel-5P đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng để giám sát ô nhiễm không khí ở nhiều nơi trên khắp thế giới [6, 9–15]. Khác với các thiết bị vệ tinh quan sát chất lượng không khí trước đây, Sentinel-5P TROPOMI với sứ mệnh cung cấp các phép đo toàn cầu hàng ngày về các chất gây ô nhiễm không khí ở độ phân giải không gian tương đối cao (từ dưới 8 km đến dưới 50 km, tùy thuộc vào bước sóng) [16]. Thực tế hiện nay các dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI, trước khi cung cấp đã được xử lý chất lượng phân giải không gian và thời gian rất tốt, chi tiết mô tả ở mục 2.2.

Một trong những nghiên cứu đầu tiên ứng dụng dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI để giám sát sự thay đổi của  $\text{NO}_2$  theo thời gian và không gian ở Helsinki (Phần Lan). Khi so sánh với số liệu thu thập bởi trạm đo mặt đất trong khoảng thời gian từ tháng 4 đến tháng 9 năm 2018, tác giả thu được giá trị chênh lệch trung bình tương đối và tuyệt đối tương ứng là 10% và  $0,12 \text{ mol/cm}^2$  [11]. Với kết quả này, tác giả cho rằng các trích xuất dữ liệu TROPOMI hoàn toàn phù hợp để biểu diễn sự thay đổi nồng độ  $\text{NO}_2$  trên bề mặt theo thời gian (hàng ngày và hàng tuần) ở những khu vực nhỏ. Ở một nghiên cứu khác, tác giả Chan sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI để xây dựng mô hình mạng nơ ron (neural network model) theo phương pháp học máy (machine learning) nhằm dự đoán nồng độ  $\text{NO}_2$  trên bề mặt [17]. Kết quả mô hình được đánh giá dựa trên kết quả đo của các trạm mặt đất cho thấy sự phù hợp tốt (với hệ số tương quan Pearson là 0,8 và sai số trung phương là  $6,23 \mu\text{g/m}^3$ ) và đã được dùng để ước tính nồng độ  $\text{NO}_2$  bề mặt khu vực nước Đức từ giai đoạn năm 2018–2020. Bên cạnh đó cũng có những nghiên cứu giám sát nồng độ CO,  $\text{SO}_2$  tại các khu vực địa phương ở Châu Âu [9, 16].

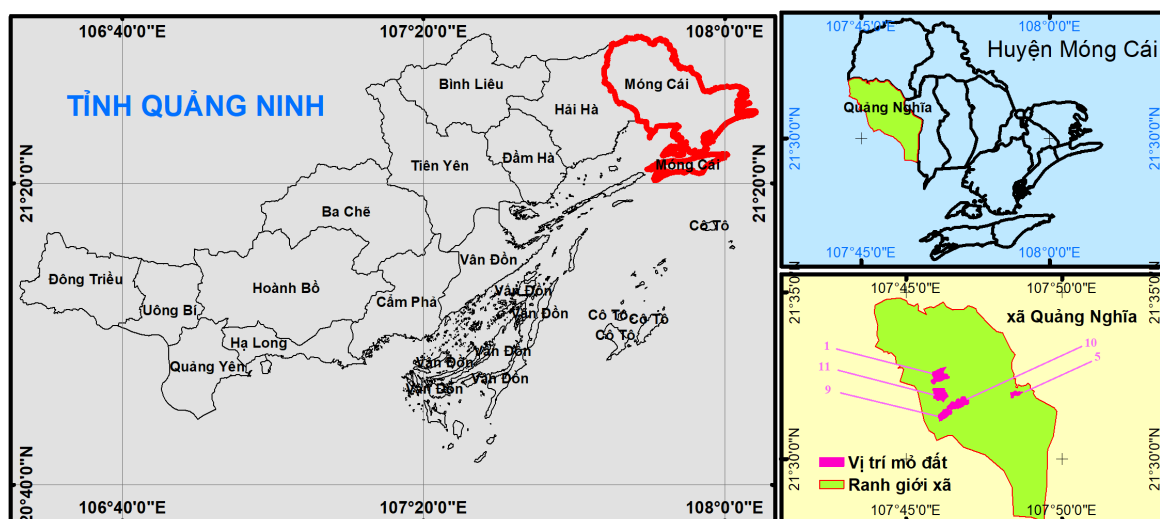
Trong các nghiên cứu này đều khẳng định giá trị tin cậy của dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI. Hoặc nghiên cứu về khả năng của dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI bằng các phân tích thống kê so sánh thông số Ôzôn ( $O_3$ ) trên phạm vi toàn cầu và các phép đo trên mặt đất, tác giả Garane và cs. [18] cho thấy sự khác biệt nhỏ hơn 5%.

Nhìn chung, dữ liệu vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI được sử dụng khá nhiều trong các nghiên cứu đánh giá chất lượng không khí, tuy nhiên, việc nghiên cứu ứng dụng dữ liệu này trong theo dõi, đánh giá chất lượng không khí tại các mỏ đất đắp xây dựng chưa có nhiều. Chính vì vậy nghiên cứu này trình bày việc ứng dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI, dựa trên nền tảng điện toán đám mây bằng công cụ GEE, để đánh giá chất lượng không khí tại mỏ khai thác đất đắp thuộc địa phận xã Quảng Nghĩa, TP. Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh.

## 2. Khu vực nghiên cứu, dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là 05 mỏ khai thác đất đắp để phục vụ thi công tuyến đường cao tốc Vân Đồn – Móng Cái thuộc địa phận xã Quảng Nghĩa, Thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh. Trong đó có các mỏ số 1, 9, 10 và 11 phân bố ở khu vực phía tây, còn mỏ số 5 nằm ở phía đông (Hình 1). Trong quá trình khai thác các mỏ đất đắp, một lượng lớn khói bụi sẽ tác động đến môi trường không khí khu vực, trong khi đó, trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh hiện chỉ có 02 trạm giám sát liên tục chất lượng không khí mặt đất đặt tại huyện Hải Hà và Thành phố Móng Cái [19].



Hình 1. Khu vực mỏ khai thác đất đắp trong nghiên cứu

Do vị trí các trạm quan trắc này khá xa khu vực thực nghiệm, phạm vi đánh giá của các trạm lại không rộng, điều này dẫn tới việc theo dõi, đánh giá chất lượng không khí tại 05 mỏ khai thác đất đắp tại xã Quảng Nghĩa sẽ rất khó mô tả chính xác phân bố không gian của nồng độ khói bụi.

### 2.2. Dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu ở bài báo này, dữ liệu vệ tinh Sentinel-5P có sẵn của truy cập mở ESA Copernicus [20] đã được sử dụng để đánh giá các chất gây ô nhiễm không khí của khu vực khai thác mỏ đất đắp

tại xã Quảng Nghĩa, Thành phố Móng Cái. Vệ tinh Sentinel-5P được phóng vào ngày 13 tháng 10 năm 2017, với nhiệm vụ giám sát môi trường hàng ngày và thu thập số liệu các chất ô nhiễm không khí trên toàn cầu. Một trong những nhiệm vụ chính của Sentinel-5P là giám sát các khí trong khí quyển, như  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , formaldehyde ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), methane ( $\text{CH}_4$ ) và sol khí bằng cảm biến TROPOMI [21]. Sản phẩm Sentinel-5P khả dụng với hai kiểu dữ liệu, dạng thời gian gần thực (Near-Real Time) có thể sử dụng sau khoảng 3 giờ kể từ khi cảm biến thu nhận và dạng các sản phẩm ngoại tuyến (Offline) có thể sử dụng sau 12 giờ đối với L1B và sau 5 ngày đối với sản phẩm L2 [15].

Hiện nay, các dữ liệu của TROPOMI từ Sentinel 5P đều đã được xử lý ở mức độ L3 bằng công cụ harpconvertbin\_spatial nhằm mục đích loại bỏ các pixel có giá trị QA nhỏ hơn 80% đối với Sol khí AER\_AI, 75% mật độ tăng đối lưu của  $\text{NO}_2$  và 50% cho tất cả các dữ liệu khác ngoại trừ  $\text{O}_3$  và  $\text{SO}_2$ .

Bảng 1. Chi tiết dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI sử dụng trong nghiên cứu

Tên sản phẩm	Mức độ chi tiết	Đơn vị	Định dạng	Kích thước (m)	Nguồn ảnh
Khí Cacbon Monoxide ( $\text{CO}$ )	L3	$\text{mol/m}^2$	Raster	1113,2	COPERNICUS_S5P_NRTI_L3_CO [22]
Khí Nitrogen Dioxide ( $\text{NO}_2$ )	L3	$\text{mol/m}^2$	Raster	1113,2	COPERNICUS_S5P_NRTI_L3_NO2 [23]
Khí Sulphur Dioxide ( $\text{SO}_2$ )	L3	$\text{mol/m}^2$	Raster	1113,2	COPERNICUS_S5P_NRTI_L3_SO2 [24]

Trong nghiên cứu này đã sử dụng các sản phẩm  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$  và  $\text{SO}_2$  thu được từ dữ liệu Sentinel-5P được thu thập từ tháng 07/2020 đến 09/2022. Đây là các dữ liệu dạng thời gian gần thực và đã được xử lý để tăng chất lượng tới mức độ L3, chi tiết mô tả trong Bảng 1. Khoảng thời gian đã chọn này bắt đầu trước khi bắt đầu 6 tháng trước giai đoạn khai thác đến thời điểm hầu như dừng hoạt động khai thác.

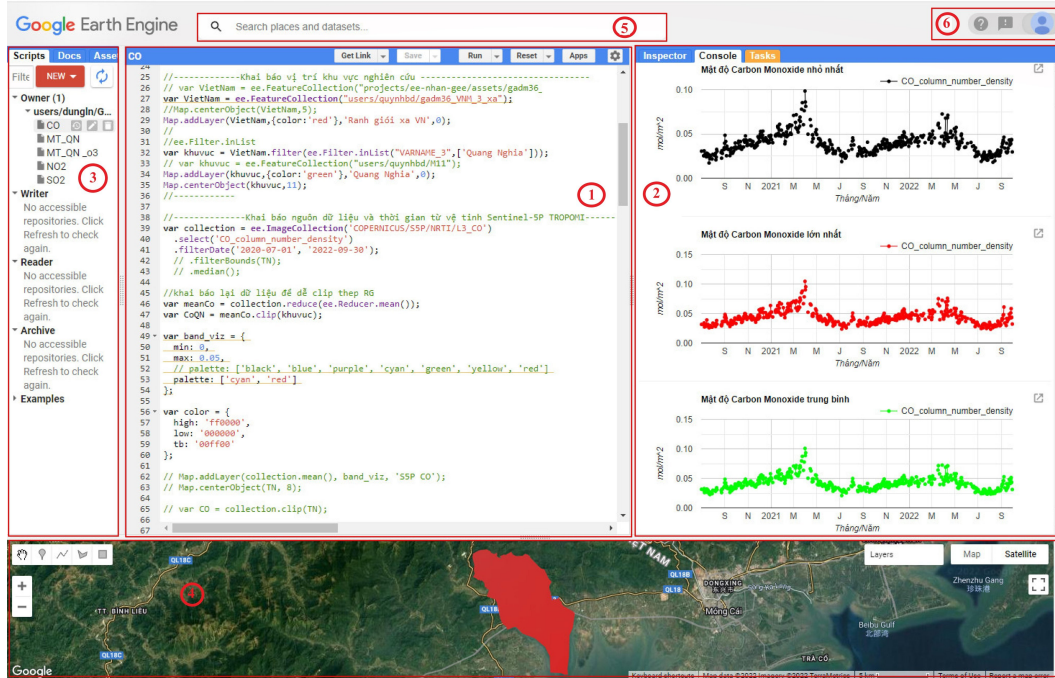
### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Trên thực tế, việc tận dụng tối đa các tài nguyên viễn thám có sẵn luôn đòi hỏi nhiều nỗ lực chuyên môn kỹ thuật. Các trở ngại lớn đó là việc lưu trữ dữ liệu, phân tích cú pháp các định dạng tệp dữ liệu, quản lý cơ sở dữ liệu và sử dụng hệ tọa độ để xử lý dữ liệu không gian địa lý. Các hạn chế này đã gây ra nhiều khó khăn cho những nhà nghiên cứu và người sử dụng tiếp cận các thông tin có trong nhiều bộ dữ liệu viễn thám lớn. Google Earth Engine (GEE) là nền tảng dựa trên điện toán đám mây giúp dễ dàng truy cập vào các nguồn dữ liệu và khả năng tính toán hiệu suất cao để xử lý các tập dữ liệu không gian địa lý rất lớn mà không phải chịu những khó khăn nêu trên. Ngoài ra, không giống như các máy tính hệ thống trạm (server), Earth Engine còn được thiết kế để giúp dễ dàng chia sẻ kết quả nghiên cứu cho cộng đồng nghiên cứu, cho các đơn vị quản lý, hoạch định và người dân. Sau khi xây dựng một thuật toán trên Earth Engine, người dùng có thể tạo ra các sản phẩm dữ liệu có hệ thống hoặc triển khai các ứng dụng tương tác được hỗ trợ bởi tài nguyên của Earth Engine mà không cần phải là chuyên gia về phát triển ứng dụng, lập trình web hoặc HTML [25].

Hiểu một cách đơn giản, Earth Engine là công cụ truy cập và kiểm soát thông qua giao diện lập trình ứng dụng có thể truy cập Internet (API) và môi trường phát triển tương tác dựa trên web liên quan (IDE) cho phép tạo mẫu nhanh chóng và trực quan hóa kết quả. Trong đó có sẵn một kho lưu trữ lớn các bộ dữ liệu không gian địa lý được công bố công khai, đặc biệt là các sản phẩm viễn thám vệ tinh. Tất cả dữ liệu này đã được xử lý trước để sẵn sàng sử dụng, đảm bảo quản thông tin và cho phép truy cập hiệu quả, đồng thời loại bỏ các rào cản liên quan đến vấn đề quản lý, lưu trữ dữ liệu. Người dùng có thể đăng ký để truy cập tại trang chủ Earth Engine (<https://earthengine.google.com>)

và phân tích dữ liệu từ các nguồn tài nguyên công khai có sẵn cũng như dữ liệu riêng nhờ các thư viện do Earth Engine API cung cấp.

Thừa hưởng những thành quả của công nghệ Google Earth Engine, rất nhiều nghiên sử dụng đã dữ liệu ảnh vệ tinh viễn thám truy cập mở để xây dựng các sản phẩm đánh giá biến đổi khí hậu, quan trắc biến đổi bề mặt địa hình, theo dõi thảm họa tự nhiên...[26, 27]. Hay ở các nghiên cứu khác về mô hình phân bố khí thải không khí, sau khi áp dụng các bộ lọc không gian và thời gian, các sản phẩm  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  và  $\text{CO}$  từ khu vực nghiên cứu được tạo ra nhờ công cụ GEE [28, 29]. Sau khi xử lý dữ liệu, hai loại đầu ra, bao gồm bản đồ và báo cáo thống kê về các chất ô nhiễm, đã được tạo ra và chia sẻ.



Hình 2. Giao diện hiển thị trên nền tảng GEE

Nhìn chung, quá trình xử lý và biểu diễn được thực hiện trong Google Earth Engine (GEE) được minh họa trong Hình 2. Giao diện môi trường làm việc của GEE có thể phân chia thành các vùng như sau:

Vùng 1: Khu vực để viết và chỉnh sửa mã code trên ngôn ngữ Javascript, để thể hiện các công việc sau:

- Khai báo nguồn dữ liệu viễn thám Sentinel-5P TROPOMI.
- Khai báo ranh giới khu vực nghiên cứu.
- Khai báo thời gian thu thập dữ liệu.
- Trích xuất dữ liệu để biểu diễn ở vùng 2 hoặc để biên tập bằng phần mềm chuyên dụng khác.

Vùng 2: Gồm 3 Tab có nhiệm vụ như truy vấn kết quả bản đồ (Inspector); quản lý hiện thị các kết quả, thông báo lỗi (Console) và điều khiển để xuất kết quả đầu ra (Task).

Vùng 3: Khu vực quản lý các tệp lệnh có sẵn trong GEE, cung cấp các tài liệu về đối tượng và phương pháp của GEE.

Vùng 4: Khu vực hiển thị bản đồ để trực quan hóa các dữ liệu đầu ra.

Vùng 5: Thanh tìm kiếm với mục đích hỗ trợ người sử dụng tìm kiếm ảnh vệ tinh có sẵn trên GEE



hoặc các khu vực trên bản đồ.

Vùng 6: Khu vực hỗ trợ người sử dụng về tài liệu hướng dẫn sử dụng, các phím tắt và trao đổi trên thảo luận trên diễn đàn về GEE.

Công nghệ GEE cho phép xây dựng chương trình tính toán dựa trên một giao diện lập trình ứng dụng (API) thông qua ngôn ngữ lập trình Javascript và Python. Trong nghiên cứu này, từ giao diện API, xây dựng chương trình tính toán tổng hợp và biểu diễn các riêng biệt giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, trung bình của nồng độ các chất ô nhiễm, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> và CO cho 05 vị trí mở khai thác đất đắp tại xã Quảng Nghĩa, Thành phố Móng Cái bằng ngôn ngữ lập trình Javascript. Theo đó, các bản đồ phân bố không gian và biểu đồ biểu diễn theo thời gian được dùng để phân tích đánh giá.

### 3. Kết quả và thảo luận

Theo các nghiên cứu [9, 11, 15–18], mức độ tin cậy của sản phẩm viễn thám vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI, dùng trong việc theo dõi nồng độ khí thải bề mặt, khi kiểm chứng với số liệu các trạm quan trắc mặt đất đều đảm bảo tính tương quan. Trong khu vực nghiên cứu hiện chưa có những trạm quan trắc mặt đất liên tục nên chúng tôi chưa có được kết quả đối sánh tương quan. Do đó trong kết quả theo dõi nồng độ các loại khí thải CO, NO<sub>2</sub> và SO<sub>2</sub> từ ngày 01/07/2020 đến ngày 30/09/2022 được so sánh với số liệu quan trắc mặt đất trung bình trong 1 giờ, Bảng 2.

#### 3.1. Kết quả theo dõi nồng độ khí thải CO

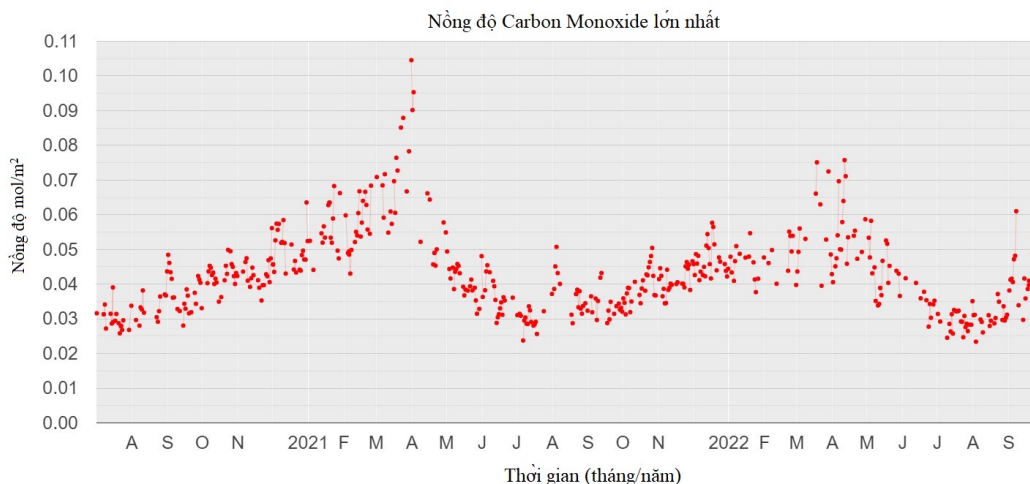
Hình 3 là biểu đồ theo dõi nồng độ khí thải Carbon Monoxide (CO) lớn nhất trong ngày. Để so sánh với các giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn quy định, giá trị nồng độ CO (mol/m<sup>2</sup>) có thể tính chuyển về đơn vị (µg/m<sup>3</sup>) theo công thức (1) [30].

$$C\left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}\right) = \frac{C_{col}\left(\frac{\text{mol}}{\text{m}^2}\right)}{H(\text{m})} \cdot M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \cdot A \quad (1)$$

trong đó  $C$  là giá trị chuyển đổi;  $C_{col}$  là giá trị nồng độ khí thải thu được từ sản phẩm Sentinel-5P TROPOMI;  $H$  là chiều cao tầng khí quyển (10 km);  $M$  là khối lượng phân tử khí và  $A = 1.000.000$  là hằng số chuyển đổi từ đơn vị (g) sang đơn vị (µg).

Trong biểu đồ ghi nhận giá trị lớn nhất bằng 0,105 (mol/m<sup>2</sup>) thu nhận ngày 31/03/2021, tính chuyển đổi thành 294 (µg/m<sup>3</sup>), giá trị nồng độ này nằm trong ngưỡng giới hạn cho phép theo quy định tiêu chuẩn [31]. Khi so sánh với số liệu quan trắc mặt đất trung bình trong một giờ theo báo cáo đánh giá tác động môi trường, có thể nhận thấy giá trị này nhỏ hơn nhiều, Bảng 2. Điều này được giải thích bởi một số nguyên nhân: (i) Do giá trị nồng độ CO quan trắc mặt đất thu được tại vị trí mở khai thác đất đắp trong một giờ, là nơi tập trung phát tán khí thải, trong khi giá trị quan trắc ảnh vệ tinh là giá trị tính trung bình trên toàn bộ tầng khí quyển (10 km) trên khu vực xã Quảng Nghĩa, TP. Móng Cái trong một ngày; (ii), Do điều kiện địa hình khu vực nghiên cứu gần biển, chịu ảnh hưởng lớn của gió, dẫn tới việc xác định giá trị quan trắc ảnh vệ tinh là giá trị trung bình ngày giảm đi nhiều so với giá trị quan trắc mặt đất trong một giờ.

Mặc dù kết quả quan trắc ảnh vệ tinh chưa phản ánh tương đồng với số liệu quan trắc mặt đất tức thời nhưng nó vẫn có giá trị hỗ trợ tốt ở khía cạnh theo dõi diễn biến thay đổi của nồng độ khí thải CO. Nhìn vào biểu đồ Hình 3 chúng ta có thể nhận thấy sự thay đổi nồng độ CO biến đổi có tính chu kỳ, nồng độ CO lớn nhất là vào cuối tháng 3 đầu tháng 4 và nhỏ nhất ở giữa tháng 7 và 8 hàng năm. Kết quả này cũng hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây ở các vùng khác trên toàn cầu [30].



Hình 3. Biểu đồ theo dõi nồng độ khí thải CO

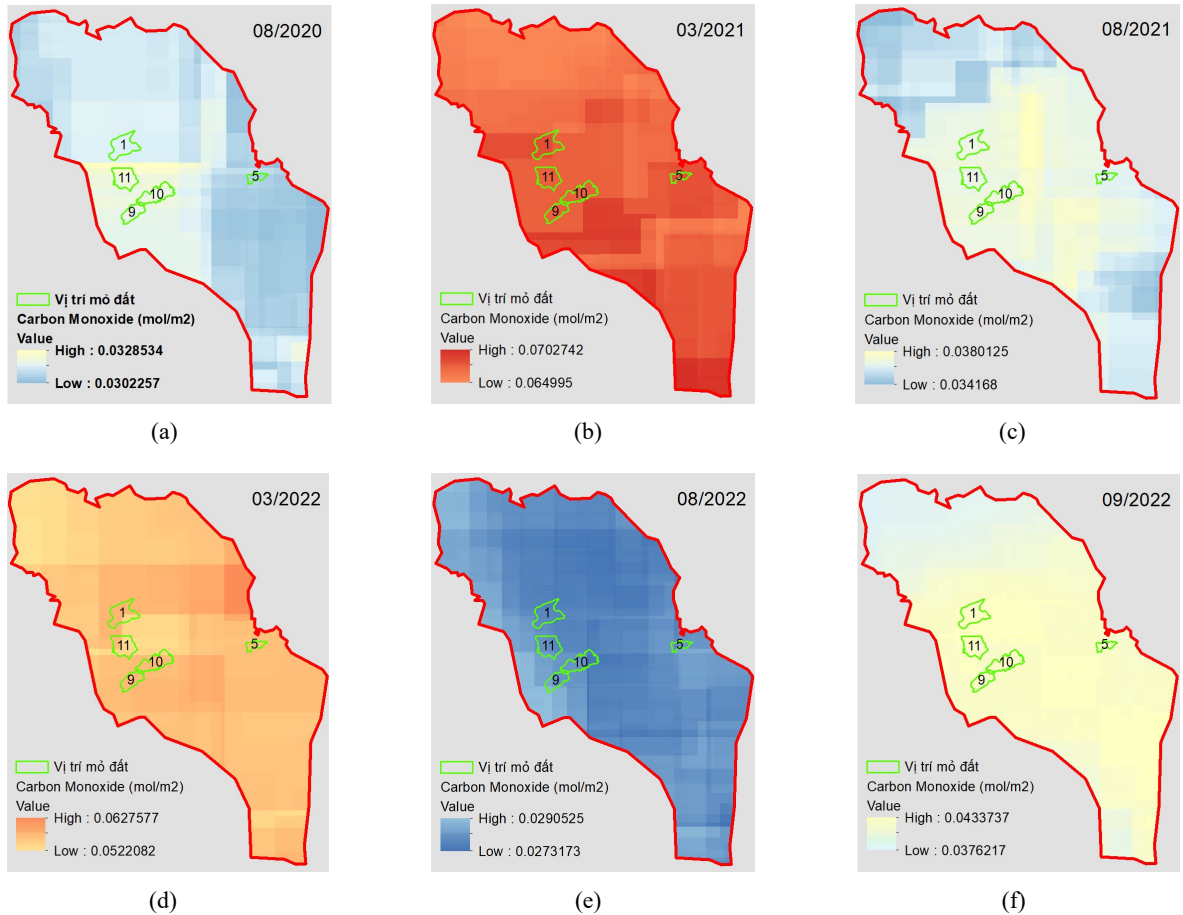
Bảng 2. Giá trị nồng độ khí thải lớn nhất của quan trắc mặt đất [1] và quan trắc Sentinel-5P TROPOMI tại khu vực nghiên cứu

Kết quả quan trắc mặt đất trung bình trong 1 giờ						
Khu vực lấy mẫu	Đơn vị	Ngày quan trắc			Vị trí lấy mẫu	
		31/03/2021	01/04/2021	02/04/2021		
Mỏ số 9	CO	μg/m <sup>3</sup>	5119	5102	5240	(N:21°31’20”; E:107°46’13”)
	NO <sub>2</sub>		61,5	58,1	67,9	
	SO <sub>2</sub>		91,7	91,1	98,2	
Mỏ số 10	CO	μg/m <sup>3</sup>	5120	5130	5130	(N:21°31’43”; E:107°46’43”)
	NO <sub>2</sub>		98,3	88,3	63,5	
	SO <sub>2</sub>		91,1	91,7	89,6	
Kết quả quan trắc vệ tinh						
Khu vực lấy mẫu	Đơn vị	31/03/2021	21/10/2021	08/12/2020	Vị trí lấy mẫu	
Xã Quảng Nghĩa, TP. Móng Cái	CO	mol/m <sup>2</sup>	0,105	X	X	Trên toàn bộ khu vực
		(μg/m <sup>3</sup> )	(294)			
	NO <sub>2</sub>		X	2,6 × 10 <sup>-4</sup> (1,2)	X	
	SO <sub>2</sub>		X	X	2,8 × 10 <sup>-3</sup> (17,9)	

Lựa chọn thời gian quan trắc vệ tinh theo từng tháng, sau khi xử lý trên GEE được các sản phẩm ảnh phân bố nồng độ khí thải CO. Các sản phẩm ảnh này được dùng làm dữ liệu đầu vào để biên tập và trình bày thành các bản đồ phân bố của khí thải theo các tháng. Trong Hình 4 bao gồm các bản đồ phân bố nồng độ khí thải CO ở các thời điểm thấp nhất (tháng 8), cao nhất (tháng 3) trong năm. Thời gian khai thác của các mỏ đất tập trong giai đoạn từ tháng 12/2020 đến tháng 07/2022. Tuy nhiên

để có cái nhìn tổng thể của việc phát tán khí thải trong quá trình hoạt động khai thác, các thời điểm được lựa chọn tương ứng với các giai đoạn trước khi thi công (08/2020), trong khi thi công (12/2020 – 08/2022) và sau khi thi công (09/2022).

Trên các bản đồ, chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy nồng độ khí thải CO càng ở gần các khu vực mỏ khai thác thì càng cao và ở giai đoạn thi công có sự tăng lên rõ rệt. Sự phân bố nồng độ khí thải theo hướng đông tây tương đối đồng đều trong khi phía nam thường có nồng độ cao hơn phía bắc, điều này được cho là do ảnh hưởng của hướng gió, yếu tố không đề cập trong bài báo này.



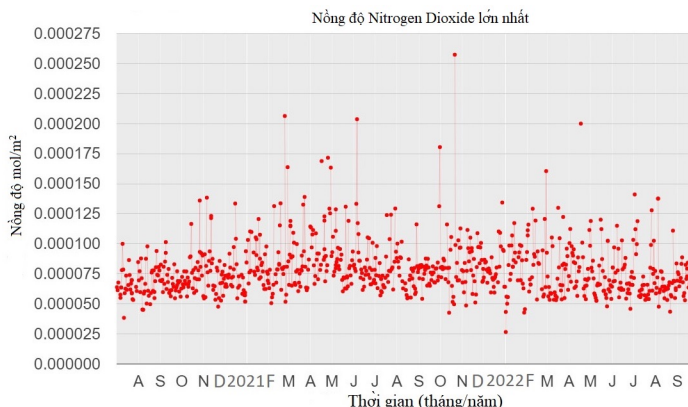
Hình 4. Bản đồ phân bố nồng độ khí thải CO

### 3.2. Kết quả theo dõi nồng độ khí thải NO<sub>2</sub>

Theo dõi nồng độ khí thải NO<sub>2</sub> trong Hình 5, chúng ta thấy sự biến đổi có sự khác biệt về tần suất so với khí CO. Tuy vẫn có tính chu kỳ nhưng nồng độ khí thải NO<sub>2</sub> có sự thay đổi với tần suất nhanh hơn, trong khoảng một tháng. Ghi nhận về giá trị của nồng độ khí thải NO<sub>2</sub> lớn nhất từ dữ liệu ảnh vệ tinh vào ngày 21/10/2021 là  $2,6 \times 10^{-4}$  (mol/m<sup>2</sup>), giá trị này chuyển đổi về nồng độ trung bình bề mặt được kết quả 1,2 (μg/m<sup>3</sup>). Giá trị này nhỏ hơn so với kết quả quan trắc mặt đất và cho thấy trong suốt quá trình khai thác các mỏ đất, nồng độ khí thải NO<sub>2</sub> trong khu vực xã Quảng Nghĩa luôn đảm bảo yêu cầu tiêu chuẩn chất lượng không khí.



Trên bản đồ phân bố khí thải  $\text{NO}_2$ , Hình 6, ở giai đoạn thi công các mỏ khai thác đất đắp có nồng độ khí thải cao hơn một cách rõ rệt. Nồng độ khí thải  $\text{NO}_2$  giai đoạn này ở mức  $6,2-9,2 \times 10^{-5}$  ( $\text{mol}/\text{m}^2$ ) còn ở giai đoạn trước và sau khi hoạt động khai thác, nồng độ ở mức  $5,4-6,6 \times 10^{-5}$  ( $\text{mol}/\text{m}^2$ ). Sự phân bố khí thải  $\text{NO}_2$  trên toàn bộ khu vực tuy không rõ ràng nhưng có xu hướng cao hơn ở phía đông nam.



Hình 5. Biểu đồ theo dõi nồng độ khí thải  $\text{NO}_2$

### 3.3. Kết quả theo dõi nồng độ khí thải $\text{SO}_2$

Cũng giống sự thay đổi của khí thải  $\text{CO}$ , nồng độ khí thải  $\text{SO}_2$ , Hình 7, có sự biến đổi theo mùa với chu kỳ khoảng 6 tháng. Nồng độ khí thải nhỏ nhất được ghi nhận vào các tháng 7, 8 hàng năm với giá trị trong khoảng  $8 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$  ( $\text{mol}/\text{m}^2$ ); sau đó tăng dần đến đỉnh ở các tháng cuối và năm ở mức  $5 - 7 \times 10^{-4}$  ( $\text{mol}/\text{m}^2$ ). Nồng độ khí thải  $\text{SO}_2$  được ghi nhận trong dữ liệu quan trắc vệ tinh vào ngày 08/12/2020 là  $2,8 \times 10^{-3}$  ( $\text{mol}/\text{m}^2$ ), quy về giá trị nồng độ bề mặt đất tương ứng là  $17,9$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

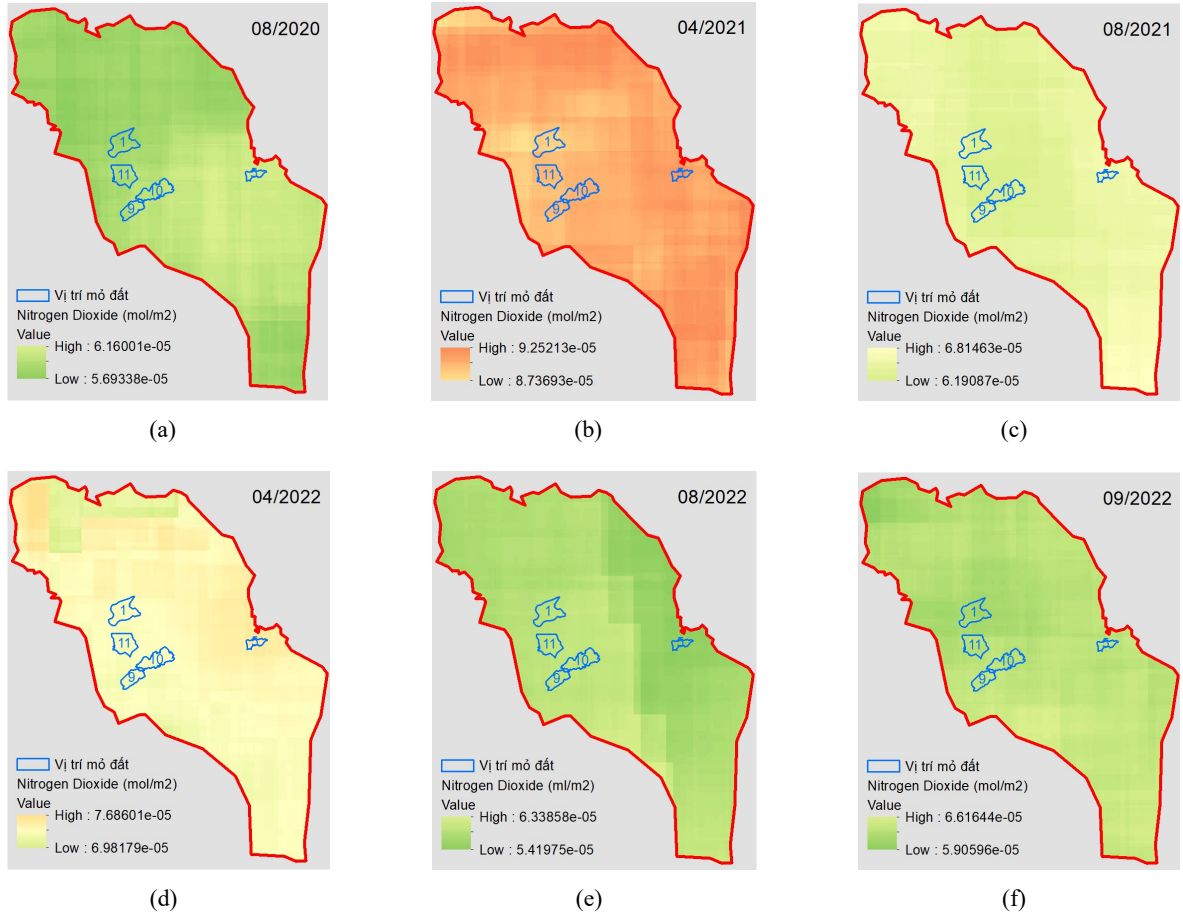
Cũng như các trường hợp khí thải  $\text{CO}$  và  $\text{NO}_2$ , chúng ta nhận thấy nồng độ khí thải  $\text{SO}_2$  cũng tăng cao vào giai đoạn khai thác các mỏ đất đắp. Các bản đồ phân bố khí thải  $\text{SO}_2$ , Hình 8, lượng phát tán trải đều toàn bộ khu vực.

Dữ liệu nồng độ khí thải thu được từ quan trắc vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI trong nghiên cứu có sự phù hợp với kết quả của các khác, những kết quả đã có sự so sánh tương quan với quan trắc mặt đất [15, 16, 24, 25]. Kết quả theo dõi nồng độ khí thải trong khu vực nghiên cứu cho thấy nồng độ khu vực tăng cao trong giai đoạn hoạt động của các mỏ khai thác đất đắp. Các giá trị nồng độ khí thải cao nhất ghi nhận trong giai đoạn khai thác mỏ vẫn nằm trong tiêu chuẩn cho phép, điều này tương đồng với các kết quả quan trắc mặt đất tức thời đã được ghi nhận.

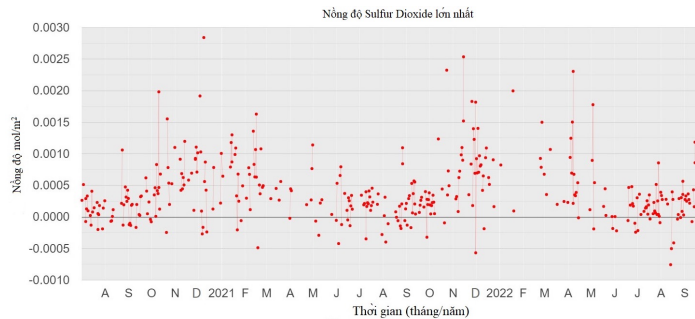
Nồng độ khí thải của dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI là giá trị trung bình được tính trong các cột khí quyển (quy ước là 10 km), do đó nó thường thấp hơn nhiều so với giá trị quan trắc mặt đất và đã được thống nhất trong nhiều nghiên cứu [9, 11, 13–15, 17, 24, 25]. Điều này cho thấy dữ liệu quan trắc vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI đã đáp ứng được việc giám sát chất lượng không khí. Đặc biệt với những khu vực khai thác mỏ đất xây dựng như trong nghiên cứu, có thể theo dõi sự phân bố khí thải theo không gian và thời gian.

## 4. Kết luận

Sử dụng công cụ GEE đã xử lý và trích xuất được dữ liệu Sentinel-5P TROPOMI để theo dõi nồng độ khí thải  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  khu vực các mỏ khai thác đất tại xã Quảng Nghĩa, TP. Móng Cái, tỉnh

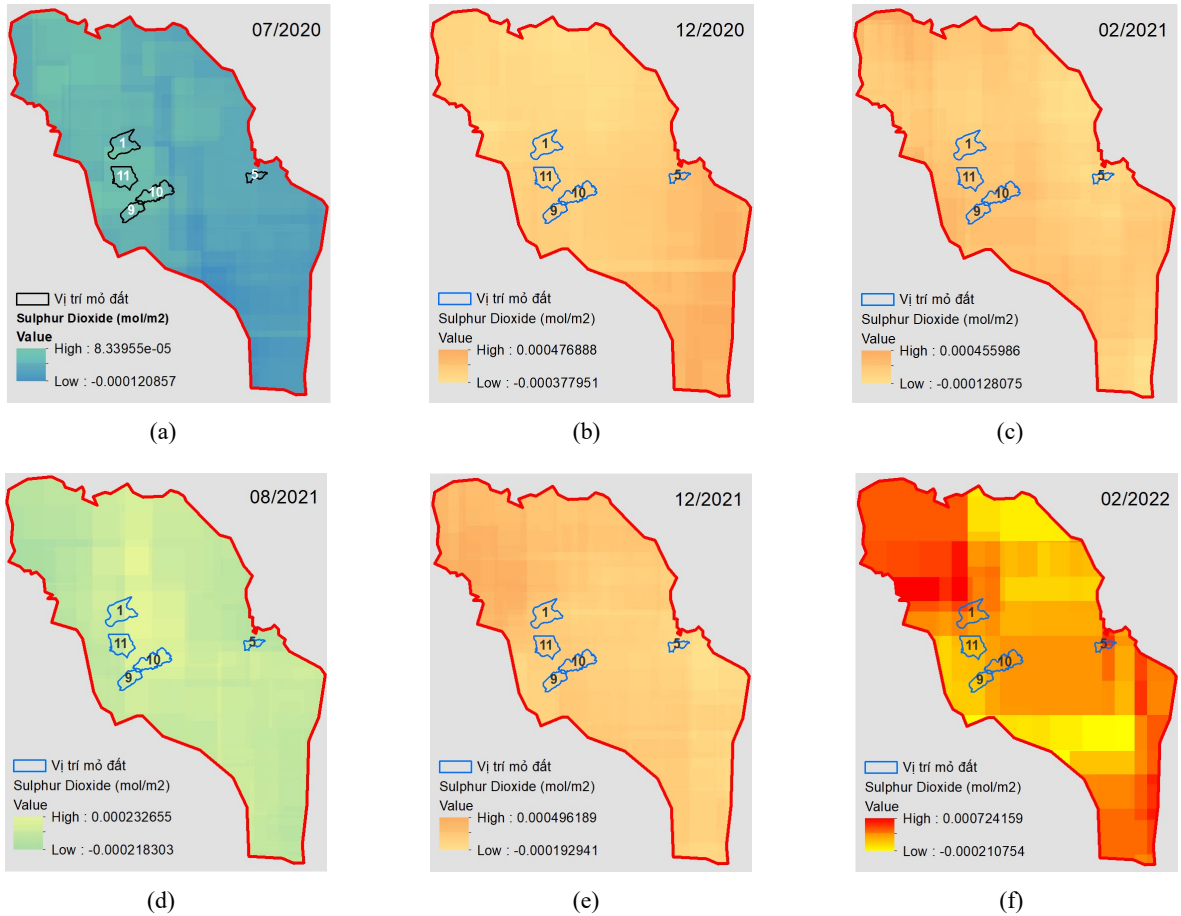


Hình 6. Bản đồ phân bố nồng độ khí thải  $\text{NO}_2$



Hình 7. Biểu đồ theo dõi nồng độ khí thải  $\text{SO}_2$

Quảng Ninh. Biểu đồ các loại khí thải cho thấy mức độ ô nhiễm trong giai đoạn hoạt động của các mỏ khai thác đảm bảo yêu cầu chất lượng không khí, điều này phù hợp với các báo cáo đánh giá tác động môi trường đã thực hiện trước đây. Bản đồ phân bố khí thải khu vực được xây dựng trong nghiên cứu này cho phép đánh giá sự phát tán trên toàn bộ xã Quảng Nghĩa trong suốt quá trình hoạt động khai thác mỏ đất đắp.



Hình 8. Bản đồ phân bố nồng độ khí thải  $\text{SO}_2$

Các giá trị quan trắc nồng độ khí thải bằng ảnh vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI thường thấp hơn nhiều so với kết quả quan trắc mặt đất trung bình trong một giờ. Sự khác biệt này được giải thích bởi kết quả quan trắc vệ tinh được tính trung bình trong một ngày và theo cột khí quyển 10 km. Đồng thời khi so sánh các kết quả quan trắc nồng độ khí thải bằng ảnh vệ tinh trong nghiên cứu này, chúng tôi nhận thấy kết quả của nghiên cứu này cũng phù hợp với những nhận định của các nghiên cứu tương tự trên thế giới đã công bố.

Mặc dù chưa có tính tương quan giữa kết quả quan trắc nồng độ khí thải bằng ảnh vệ tinh và quan trắc mặt đất tức thời nhưng việc sử dụng Sentinel-5P TROPOMI sẽ là một giải pháp tốt trong việc đánh giá, theo dõi chất lượng không khí tại các khu vực mỏ khai thác, nơi thường có mức độ ô nhiễm không khí khá cao mà các trạm quan trắc mặt đất liên tục lại ở quá xa.

## Tài liệu tham khảo

- [1] *Báo cáo đánh giá tác động môi trường.*
- [2] Loan, K. (2016). Đánh giá ô nhiễm không khí khu vực khai thác vật liệu xây dựng cho 3 loại mỏ điển hình (đá vôi, đá bazan và đất sét) tại huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 32:164–172.

- [3] Nguyen, T. T. T., Bui, T. L., Pham, N. D., Bui, S. L. (2014). Đánh giá chất lượng môi trường không khí thành phố Hà Nội theo chỉ số chất lượng không khí. *Vietnam Journal of Hydro - Meteorology*, 638:43–49.
- [4] Trang, D. T. H., Tuấn, Đ. H. [Đánh giá chất lượng không khí tại Thành phố Hạ Long, Tỉnh Quảng Ninh giai đoạn 2016-2019. Tạp chí Khí tượng thủy văn](#), 736(1):1–13.
- [5] Nguyen, T. T. N., Bui, H. Q., Pham, H. V., Luu, H. V., Man, C. D., Pham, H. N., Le, H. T., Nguyen, T. T. (2015). [Particulate matter concentration mapping from MODIS satellite data: a Vietnamese case study. Environmental Research Letters](#), 10(9):095016.
- [6] Skrobicki, Z., Dabek, L. E., Lagowski, P. (2019). [Modelling and Forecasting of SO2 Concentration in Atmospheric Air – A Case Study of the City of Krakow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#), 471:102057.
- [7] Nguyễn, N. H., Trần, V. A. (2017). [Nghiên cứu khả năng phát hiện bụi PM10 trong không khí bằng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI khu vực Hà Nội. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ](#), 1(32):47–53.
- [8] Hùng, N. N., Hoàng, V. V., Hằng, L. M. (2021). [Nghiên cứu khả năng sử dụng ảnh vệ tinh VNREDSat-1 trong hỗ trợ giám sát bụi PM10 trong không khí dọc tuyến giao thông tại Hà Nội. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật](#), 2(2):62–75.
- [9] Kaplan, G., Avdan, Z. Y. (2020). [Space-Borne Air Pollution Observation From Sentinel-5P Tropomi: Relationship Between Pollutants, Geographical and Demographic Data. International Journal of Engineering and Geosciences](#), 2:130–137.
- [10] Mo, J., Gong, S., He, J., Zhang, L., Ke, H., An, X. (2022). [Quantification of SO2 Emission Variations and the Corresponding Prediction Improvements Made by Assimilating Ground-Based Observations. Atmosphere](#), 13(3):470.
- [11] Ialongo, I., Virta, H., Eskes, H., Hovila, J., Douros, J. (2020). [Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO2 observations with ground-based measurements in Helsinki. Atmospheric Measurement Techniques](#), 13(1):205–218.
- [12] Mackiewicz-Walec, E., Krzbiec, S., Lenart, L., Rogalski, L., Smoczyński, L. (2014). [Changes in sulphur dioxide concentrations in the atmospheric air assessed during short-term measurements in the vicinity of Olsztyn, Poland. Journal of Elementology](#), (3/2014).
- [13] Kaplan, G., Avdan, Z. Y., Avdan, U. (2019). [Spaceborne Nitrogen Dioxide Observations from the Sentinel-5P TROPOMI over Turkey. 3rd International Electronic Conference on Remote Sensing](#), MDPI.
- [14] Schneider, P., Hamer, P. D., Kylling, A., Shetty, S., Stebel, K. (2021). [Spatiotemporal Patterns in Data Availability of the Sentinel-5P NO2 Product over Urban Areas in Norway. Remote Sensing](#), 13(11):2095.
- [15] Virghileanu, M., Săvulescu, I., Mihai, B.-A., Nistor, C., Dobre, R. (2020). [Nitrogen Dioxide \(NO2\) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. Remote Sensing](#), 12(21):3575.
- [16] Abida, R., Attié, J.-L., Amraoui, L. E., Ricaud, P., Lahoz, W., Eskes, H., Segers, A., Curier, L., de Haan, J., Kujanpää, J., Nijhuis, A. O., Tamminen, J., Timmermans, R., Veefkind, P. (2017). [Impact of spaceborne carbon monoxide observations from the S-5P platform on tropospheric composition analyses and forecasts. Atmospheric Chemistry and Physics](#), 17(2):1081–1103.
- [17] Chan, K. L., Khorsandi, E., Liu, S., Baier, F., Valks, P. (2021). [Estimation of Surface NO2 Concentrations over Germany from TROPOMI Satellite Observations Using a Machine Learning Method. Remote Sensing](#), 13(5):969.
- [18] Garane, K., Koukoulis, M.-E., Verhoelst, T., Lerot, C., Heue, K.-P., Fioletov, V., Balis, D., Bais, A., Bazureau, A., Dehn, A., Goutail, F., Granville, J., Griffin, D., Hubert, D., Keppens, A., Lambert, J.-C., Loyola, D., McLinden, C., Pazmino, A., Pommereau, J.-P., Redondas, A., Romahn, F., Valks, P., Roozendael, M. V., Xu, J., Zehner, C., Zerefos, C., Zimmer, W. (2019). [TROPOMI/S5P total ozone column data: global ground-based validation and consistency with other satellite missions. Atmospheric Measurement Techniques](#), 12(10):5263–5287.
- [19] AQI. <https://aqicn.org/city/vietnam/quang-ninh/thanh-uy-mong-cai/vn/>. Accessed Nov. 08, 2022.
- [20] [scihub.copernicus.eu](https://scihub.copernicus.eu). Accessed Nov. 08, 2022.
- [21] Loyola, D. G., García, S. G., Lutz, R., Argyrouli, A., Romahn, F., Spurr, R. J. D., Pedernana, M., Doicu, A., Garcia, V. M., Schüssler, O. (2018). [The operational cloud retrieval algorithms from TROPOMI on](#)

- board Sentinel-5 Precursor. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11(1):409–427.
- [22] [COPERNICUS\\_S5P\\_NRTI\\_L3\\_CO](#). Accessed Nov. 08, 2022.
- [23] [COPERNICUS\\_S5P\\_NRTI\\_L3\\_NO2](#). Accessed Nov. 08, 2022.
- [24] [COPERNICUS\\_S5P\\_NRTI\\_L3\\_SO2](#). Accessed Nov. 08, 2022.
- [25] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). [Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone](#). *Remote Sensing of Environment*, 202:18–27.
- [26] Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., Brisco, B. (2020). [Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review](#). *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13:5326–5350.
- [27] Hui, F., Xu, B., Huang, H., Yu, Q., Gong, P. (2008). [Modelling spatial-temporal change of Poyang Lake using multitemporal Landsat imagery](#). *International Journal of Remote Sensing*, 29(20):5767–5784.
- [28] Butz, A., Galli, A., Hasekamp, O., Landgraf, J., Tol, P., Aben, I. (2012). [TROPOMI aboard Sentinel-5 Precursor: Prospective performance of CH4 retrievals for aerosol and cirrus loaded atmospheres](#). *Remote Sensing of Environment*, 120:267–276.
- [29] Shami, S., Ranjgar, B., Bian, J., Azar, M. K., Moghimi, A., Amani, M., Naboureh, A. (2022). [Trends of CO and NO2 Pollutants in Iran during COVID-19 Pandemic Using Timeseries Sentinel-5 Images in Google Earth Engine](#). *Pollutants*, 2(2):156–171.
- [30] Savenets, M. (2021). [Air pollution in Ukraine: a view from the Sentinel-5P satellite](#). *Időjárás*, 125(2): 271–290.
- [31] QCDP 4:2020/QN (2020). [Quy chuẩn kỹ thuật địa phương về môi trường trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh](#).