

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ PHÂN BỐ NỒNG ĐỘ KHÍ NO₂, SO₂ KHU VỰC HÀ NỘI TỪ DỮ LIỆU VIỄN THÁM SENTINEL-5P

ĐỖ THỊ PHƯƠNG THẢO⁽¹⁾, NGHIÊM VĂN NGỌ⁽²⁾, VŨ KIM SƠN⁽³⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Mỏ-Địa chất Hà Nội, ⁽²⁾Cục Viễn thám Quốc gia

⁽³⁾Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu

Tóm tắt:

Nitrogen dioxide (NO₂) và sulfur dioxide (SO₂) là những khí ga chính có khả năng gây ô nhiễm không khí ở nhiều khu vực đô thị và khu công nghiệp lớn ở Việt Nam. Do đó, việc giám sát được nồng độ khí NO₂, SO₂ một cách thường xuyên và trên diện rộng là cần thiết để giúp các nhà quản lý ra quyết định tìm kiếm một giải pháp bền vững về quản lý chất lượng môi trường không khí và cải thiện tình trạng sức khỏe người dân. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng dữ liệu từ vệ tinh viễn thám chuyên dụng Sentinel 5P của Cơ quan vũ trụ Châu Âu (ESA) để chiết xuất nồng độ của O₂ loại nêu trên trong không khí khu vực Hà Nội năm 2021.

Cách tiếp cận xác thực của dữ liệu thu được từ vệ tinh, dựa trên phân tích tương quan chéo với dữ liệu độc lập từ các quan sát trên mặt đất đã cho thấy hệ số tương quan (R²) đối với NO₂ là xấp xỉ 0.7 và đối với SO₂ là 0.78; cho thấy độ chính xác tính toán hàm lượng NO₂ và SO₂ từ dữ liệu Sentinel-5P ở mức khá. Kết quả cũng cho thấy, trong thời gian của năm 2021, giá trị NO₂ và SO₂ trong không khí ở khu vực Hà Nội đều ở mức tương đối cao.

Từ khóa: NO₂, SO₂, TROPOMI, Sentinel-5P

1. Đặt vấn đề

Môi trường không khí có ý nghĩa rất quan trọng đối với sức khỏe con người và hệ sinh thái trên trái đất. Sống và làm việc trong không khí bị ô nhiễm con người sẽ bị các bệnh về đường hô hấp, bệnh tim mạch và bệnh thần kinh, nguy hiểm nhất là ung thư phổi. Các nghiên cứu chỉ ra những ngành nông nghiệp, công nghiệp, giao thông vận tải và nhà máy nhiệt điện chạy than cùng với việc sử dụng nhiên liệu rắn là các nguồn chủ yếu gây ra ô nhiễm không khí. Một số loại chất gây ô nhiễm không khí chủ yếu là: cacbon dioxide

(CO₂), cacbon monoxide (CO), metan (CH₄), sulfur dioxide (SO₂) và chủ yếu là nitơ dioxide (NO₂)... Các loại khí này đều trực tiếp hoặc gián tiếp ảnh hưởng đến môi trường sống, sức khỏe của con người. SO₂ trong khí quyển có thể chuyển đổi thành sulfat, là một thành phần chính gây ô nhiễm hạt mịn, NO₂ có thể gây bệnh về đường hô hấp. Ở khu vực đô thị, nguồn gốc phát sinh các loại khí như NO₂, SO₂ chủ yếu từ hoạt động giao thông liên quan đến đốt nhiên liệu hóa thạch; trong đó SO₂ phát thải từ đốt than và dầu chứa lưu huỳnh (xe buýt, các nhà máy có hoạt động đốt nhiên

Ngày nhận bài: 1/10/2022, ngày chuyển phản biện: 5/10/2022, ngày chấp nhận phản biện: 9/10/2022, ngày chấp nhận đăng: 28/10/2022

liệu khác). Ô nhiễm không khí ngoài trời là lý do đứng đằng sau hậu quả nghiêm trọng về sức khoẻ và gây ra gần 3 triệu người chết mỗi năm. Tuy nhiên, nhờ công nghệ vệ tinh, giờ đây có thể giám sát chất lượng không khí một cách nhanh chóng và trên diện rộng. Vào ngày 13 tháng 10 năm 2017, cơ quan Không gian châu Âu (European Space Agency – ESA) đã phóng vệ tinh Sentinel-5P là một hệ thống vệ tinh có tính năng tập trung vào việc thu thập dữ liệu ô nhiễm. Một trong những cảm biến quan trọng của vệ tinh này là TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) theo dõi các tia hồng ngoại có thể nhìn thấy được, tia cực tím, cận hồng ngoại và sóng ngắn để định lượng ozon, khí mê-tan, carbon monoxide, sulfur dioxide và các chất ô nhiễm khác trong khí quyển. Đây là một trong những vệ tinh đầu tiên cung cấp giám sát ô nhiễm độ phân giải cao và sẽ cung cấp khả năng thu thập dữ liệu lớn cho phép theo dõi hàng ngày và thậm chí hàng giờ. Năm 2020, Marina Virghileanu và cộng sự đã đề xuất một phân tích so sánh về cấu hình không gian của cột NO₂ ở tầng đối lưu trên khắp châu Âu cùng thời gian của năm 2019 và 2020, dựa trên nguồn dữ liệu Sentinel-5P này. Kết quả nêu bật được nguồn ô nhiễm NO₂ trong quá trình chuyển đổi đột ngột từ tình trạng điều kiện bình thường sang bối cảnh bùng phát COVID-19, đặc trưng bởi sự giảm cường độ giao thông và các hoạt động công nghiệp trong thời gian ngắn, nghiên cứu cho thấy mật độ cột NO₂ trong tầng đối lưu giảm đáng kể thậm chí tới 85% ở một số thành phố lớn của châu Âu. Mới đây, tại châu Mỹ, Brian William Bodah và cộng sự (2022) cũng tiến hành phân tích lượng khí NO₂ và CO có trong khí quyển thông qua phân tích ảnh vệ tinh Sentinel-5P TROPOMI ở Thành phố Passo Fundo (Bang Rio Grande do Sul, Brazil). Phân tích sau đó được áp dụng cho

đánh giá môi trường tập trung vào chất lượng không khí cục bộ và tình trạng ô nhiễm trong cùng một thành phố từ năm 2020 đến đầu năm 2021. Các nghiên cứu cho thấy phương pháp tính toán hàm lượng NO₂ và SO₂ từ dữ liệu Sentinel-5P mang lại độ chính xác cao với hệ số tương quan R² nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,75 ở các khu vực nghiên cứu khác nhau.

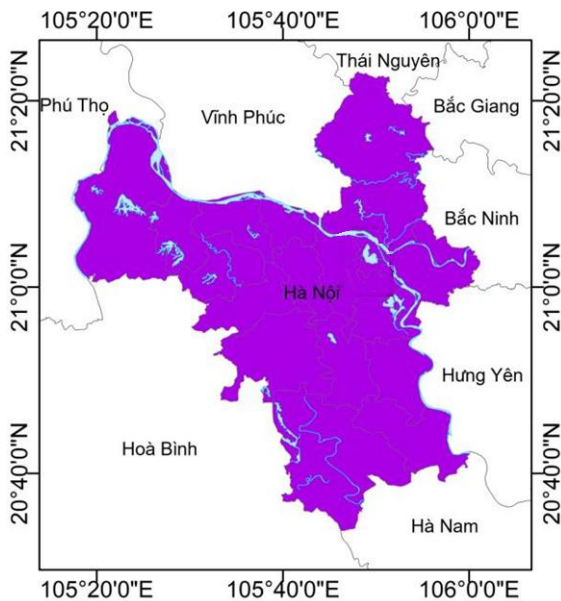
Như vậy bước đầu có thể thấy dữ liệu viễn thám chuyên dụng Sentinel-5P đã được ứng dụng dần phổ biến trên thế giới; tuy vậy các nghiên cứu sử dụng Sentinel-5P tại Việt Nam vẫn còn khá mới.

Mục tiêu của bài báo là sử dụng hình ảnh từ vệ tinh Sentinel-5P phân tích các chất ô nhiễm SO₂, NO₂ tại thành phố Hà Nội, nơi được coi là có mức độ ô nhiễm không khí cao. Kỹ thuật này có thể được sử dụng làm cơ sở cho các nhà nghiên cứu khác tiến hành các nghiên cứu đánh giá về chất lượng môi trường không khí ở các thành phố khác tại Việt Nam.

2. Khu vực nghiên cứu

Hà Nội là thủ đô, thành phố trực thuộc trung ương và là một đô thị loại đặc biệt của Việt Nam, nằm về phía tây bắc của trung tâm vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng, với địa hình bao gồm vùng đồng bằng trung tâm và vùng đồi núi ở phía bắc và phía tây thành phố. Với diện tích 3.358,6 km² và dân số 8,25 triệu người (niên giám thống kê 2020), Hà Nội là thành phố đông dân thứ hai và có mật độ dân số cao thứ hai trong 63 đơn vị hành chính cấp tỉnh của Việt Nam, nhưng phân bố dân số không đồng đều. Hà Nội có 30 đơn vị hành chính cấp huyện, gồm 12 quận, 17 huyện và 1 thị xã. Qua truyền thông và mạng xã hội, Hà Nội bắt đầu quan tâm đến thông tin về tình trạng ô nhiễm không khí khi những số liệu quan trắc theo thời gian thực (AQI) của đại sứ quán Mỹ công khai. Nguồn ô nhiễm NO₂ tại

Hà Nội được cho là phát thải chủ yếu từ ô tô, xe máy, và SO₂ chủ yếu từ việc đốt than, dầu chứa lưu huỳnh. Các khí SO₂ và CO nhìn chung ở ngưỡng an toàn, đảm bảo trong ngưỡng nồng độ trung bình năm, song mức trung bình giờ lại có dấu hiệu vượt giới hạn. Khí NO₂ ở khu vực nội thành thường tiệm cận hoặc vượt ngưỡng trung bình năm nên rất cần một nghiên cứu cho biết thực trạng phân bố các khí gây ô nhiễm không khí tại Hà Nội một cách nhanh chóng, thường xuyên kịp thời cập nhật các thông tin về ô nhiễm tới người dân.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

3. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

3.1. Dữ liệu sử dụng

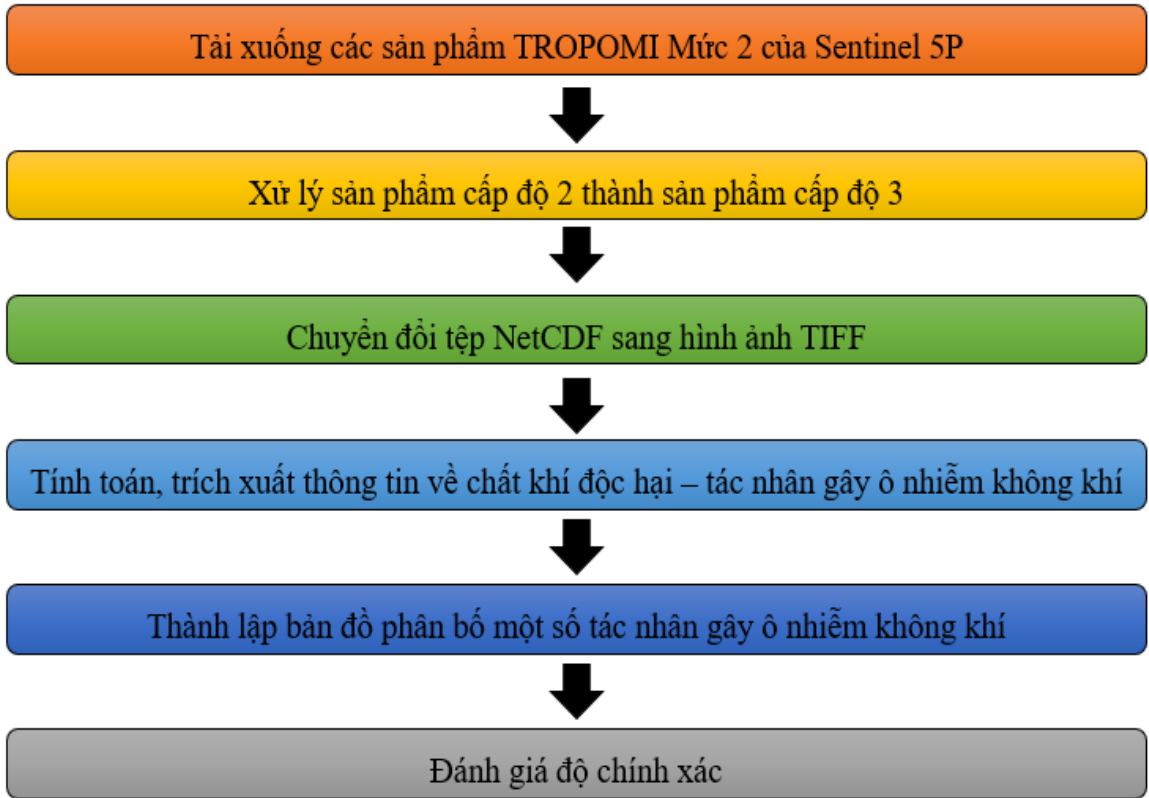
- Sử dụng dữ liệu Sentinel-5P từ nhà cung cấp là European Union/ESA/Copernicus. Dữ liệu được thu nhận được mặc định trong hệ tọa độ WGS-84; do đó sau khi xử lý chiết xuất, dữ liệu hàm lượng NO₂ và SO₂ sẽ được chuyển về hệ tọa độ VN-2000 để phù hợp với dữ liệu bản đồ tỉ lệ 1:250.000 của Việt Nam.

- Dữ liệu Bản đồ địa hình tỉ lệ 1:250.000 khu vực thành phố Hà Nội;

- Dữ liệu trạm đo: từ năm 2016, TP Hà Nội đã đầu tư, xây dựng và đưa vào vận hành 11 trạm quan trắc chất lượng không khí tự động liên tục, gồm 2 trạm cố định và 9 trạm cảm biến. Đến tháng 5/2020, Hà Nội tiếp nhận thêm 24 trạm cảm biến quan trắc không khí tự động do Hàn Quốc tài trợ. Nâng tổng số trạm quan trắc không khí trên địa bàn thành phố lên 35 trạm. Trong số 35 trạm quan trắc, dữ liệu tại 24 trạm được sử dụng để tăng dày và tham gia quá trình nội suy nhằm nâng cao độ phân giải của dữ liệu từ 3,5x7 km lên độ phân giải 250 m; dữ liệu của 11 điểm còn lại được sử dụng để đánh giá độ chính xác kết quả xử lý dữ liệu.

3.2. Phương pháp thực hiện

Quy trình xử lý các sản phẩm dữ liệu S-5P L2 được thực hiện thông qua hệ thống mã nguồn mở của Dịch vụ hỗ trợ người dùng và nghiên cứu Copernicus (RUS), sử dụng ngôn ngữ Python cùng với phần mềm HARP, VISAN, QGIS và SNAP. Quy trình thực hiện cụ thể như hình 2.



Hình 2: Quy trình xử lý dữ liệu Sentinel-5P

Các sản phẩm của TROPOMI L2 tải xuống trực tiếp từ trang truy cập dữ liệu Sentinel-2 ở định dạng NetCDF, chưa có lưới không gian cố định. Sử dụng công cụ HARP để xử lý các sản phẩm dữ liệu ESA L2 thành sản phẩm có lưới L3, lưới có độ phân giải $0,05^0 \times 0,05^0$ (khoảng 5×5 km) là kết quả của việc lấy mẫu lại sản phẩm ban đầu. Tiếp theo, dữ liệu được lọc ở chất lượng giá trị mật độ số trên 75, để loại bỏ các lỗi do mây gây ra. Các sản phẩm L3 đầu ra nằm trong hệ tọa độ WGS-84 và vẫn ở định dạng NetCDF. Mật độ số cột khí độc hại trong tầng đối lưu hàng ngày được tính theo đơn vị mol/cm^2 , kết hợp các sản phẩm theo thứ nguyên thời gian, để thu được một raster (TIFF) duy nhất bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu. Giá trị của chất khí độc hại (mol/cm^2) tầng đối lưu trung bình trong 5 ngày và 10 ngày cũng được lấy bằng

cách sử dụng tham số thứ nguyên thời gian, sử dụng giá trị trung bình số học của các giá trị ô từ các lớp xếp chồng lên nhau. Sau các bước xử lý ảnh và tính toán tham số ô nhiễm cho mật độ số cột khí độc hại ở tầng đối lưu, trích xuất dữ liệu các khu vực yêu cầu.

Dữ liệu NO_2 và SO_2 sau khi được xử lý có đơn vị tính là mol/cm^2 , trong khi đơn vị tính theo tiêu chuẩn Việt Nam là $\mu\text{g}/\text{m}^3$, đó đó sau khi xử lý cần phải tính chuyển đơn vị đo theo công thức sau:

Để tính chuyển đơn vị đo áp dụng công thức sau:

$$P_s = P_t * A$$

Trong đó, P_s đại diện cho dữ liệu điểm với đơn vị $\mu\text{g}/\text{m}^3$ và P_t đại diện dữ liệu điểm với đơn vị mol/cm^2 . A là hằng số, là giá trị chuyển

đổi giữa đơn vị mol sang μg đối với khí NO_2 và SO_2 , lần lượt là 460.000 và 640.000.

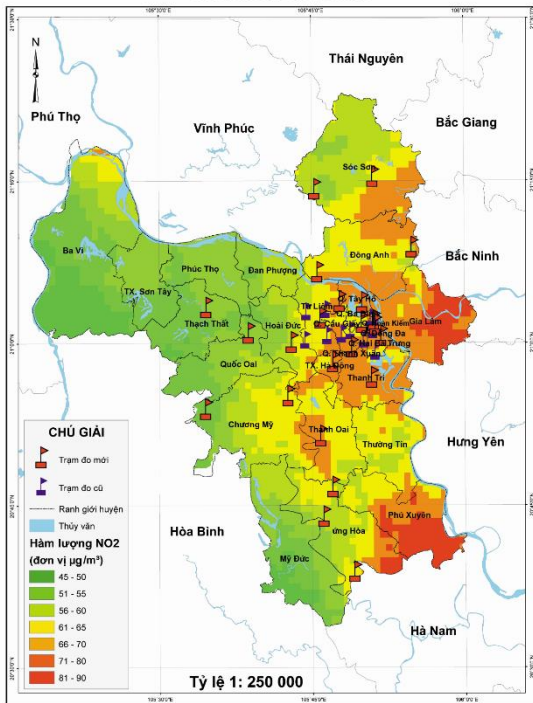
Mặt khác, Do dữ liệu Sentinel-5P gốc ban đầu có độ phân giải $3,5 \times 7 \text{ km}$, trong quá trình tính toán được nội suy về độ phân giải $5 \times 5 \text{ km}$ vẫn ở độ phân giải thấp không đảm bảo độ chính xác để xây dựng bản đồ tỉ lệ 1:250.000. Do đó, sẽ sử dụng bổ sung dữ liệu từ 24 điểm quan trắc để tăng dày và nội suy dựa trên giải pháp downscaling nhằm nâng cao độ phân giải lên 250 m, phù hợp để xây dựng bản đồ phân bố hàm lượng khí NO_2 và SO_2 tỉ lệ 1:250.000.

3. Kết quả nghiên cứu

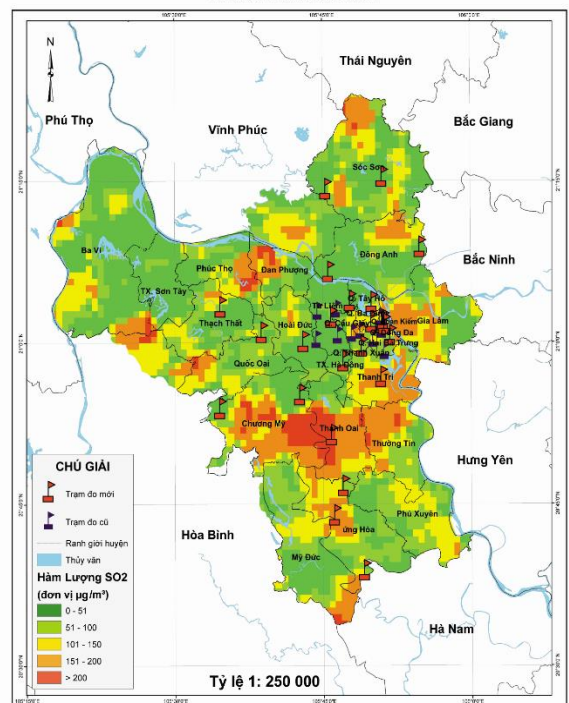
3.1. Bản đồ phân bố nồng độ khí NO_2 và SO_2

Dữ liệu từ vệ tinh Sentinel-5P sau khi xử lý được biên tập và thành lập bản đồ bằng phần mềm ArcGIS. Phương pháp thể hiện nội dung là nền đồ giải (nồng độ các khí) và phương pháp ký hiệu điểm thể hiện các trạm quan trắc nồng độ khí (hình 3).

BẢN ĐỒ NỒNG ĐỘ KHÍ NO_2 TRONG KHÔNG KHÍ KHU VỰC HÀ NỘI THÁNG 12 NĂM 2021



BẢN ĐỒ NỒNG ĐỘ KHÍ SO_2 TRONG KHÔNG KHÍ KHU VỰC HÀ NỘI THÁNG 12 NĂM 2021



Hình 3: Bản đồ phân bố nồng độ khí NO_2 và SO_2 khu vực Hà Nội

Kết quả cho thấy hàm lượng NO_2 cao tập trung chủ yếu tại Gia Lâm và Phú Xuyên nơi có các khu công nghiệp và làng nghề phát triển, một phần ngoại thành là Thanh Oai và Sóc Sơn cũng bị ảnh hưởng bởi các cụm công nghiệp, bãi rác trong khi khu vực nội thành

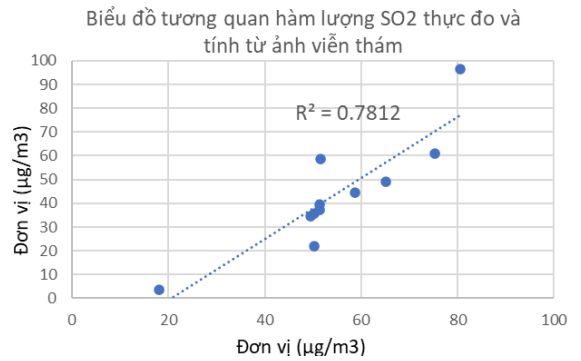
ảnh hưởng phần lớn bởi lượng khí thải của các phương tiện tham gia giao thông. Tuy nhiên, mức NO_2 vẫn đạt mức cho phép khi chiếu theo tiêu chuẩn chất lượng không khí xung quanh của Việt Nam.

Khác với NO₂, hàm lượng SO₂ cao lại tập trung tại vòng cung quanh khu vực các quận huyện nội thành Hà Nội cũng là nơi có các cụm công nghiệp hoạt động. Thanh Trì và Gia Lâm có nhiều cơ sở sản xuất nhỏ sử dụng than là hai huyện dẫn đầu về ô nhiễm SO₂; Tây Hồ, Bắc Từ Liêm, Nam Từ Liêm là một trong những quận ít ô nhiễm nhất. Khu vực Hà Đông cũng ít ô nhiễm vì dân cư còn thưa thớt, nhiều ao hồ và đất nông nghiệp. Nhìn chung tại thời điểm thành lập bản đồ nồng độ khí SO₂ và NO₂ ở mức an toàn đảm bảo trong ngưỡng nồng độ trung bình theo giờ.

3.2. Đánh giá độ chính xác

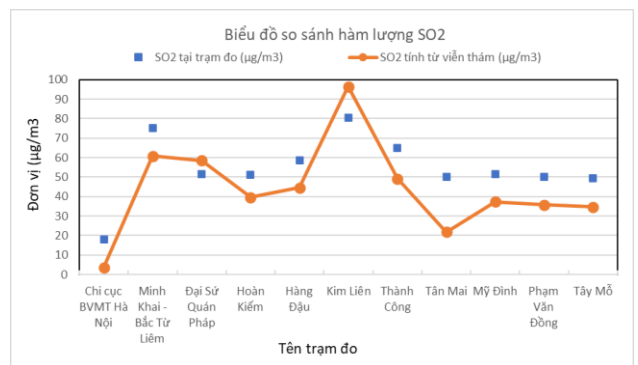
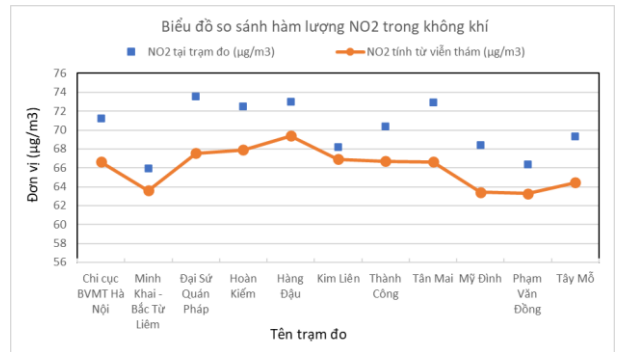
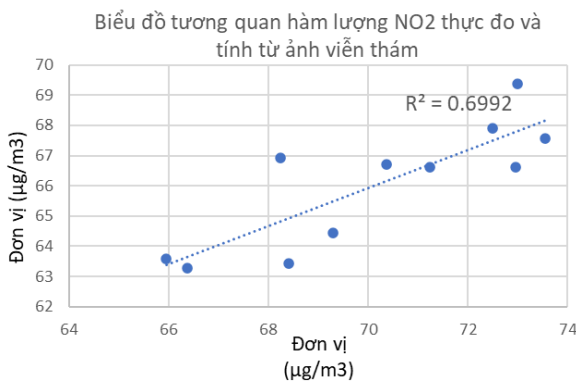
Dữ liệu được trích xuất trên ảnh vệ tinh và thực đo tại 11 vị trí trạm quan trắc không khí theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) quan trắc về tất cả các tiêu chuẩn của không khí.

Trên biểu đồ hình 4 cho thấy giá trị tương quan giữa số liệu thực đo và tính toán của NO₂ là khoảng 0.7 và SO₂ là 0.78 cho thấy độ chính xác dữ liệu có độ cậy cao.



Hình 4: Tương quan hàm lượng NO₂, SO₂ đo tại trạm và tính được từ ảnh viễn thám

Hình 5 thể hiện kết quả so sánh tuyệt đối giá trị NO₂ và SO₂ giữa giá trị tại trạm đo và giá trị tính toán từ ảnh Sentinel-5P



Hình 5: So sánh tuyệt đối hàm lượng NO₂, SO₂ đo tại trạm và tính được từ ảnh viễn thám

Quan sát hình 5 cho thấy, giá trị tính toán trên ảnh viễn thám nhìn chung thấp hơn so với giá trị thực đo tại các trạm. Điều này là do giá trị SO₂ và NO₂ tính toán trên ảnh là giá trị trung bình của một điểm ảnh (pixel ảnh) bao phủ một không gian lớn (250 m x 250 m), lớn hơn nhiều so với phạm vi quan trắc của một trạm đo. Tuy vậy, trên biểu đồ so sánh cho thấy, về cơ bản giữa giá trị đo và giá trị tính toán trên ảnh có mối tương quan khá tốt. Để có thể cải thiện độ chính xác kết quả tính toán SO₂ và NO₂ trên ảnh viễn thám, cần nâng độ phân giải không gian của ảnh lên cao hơn, để vị trí lấy mẫu trên ảnh sát với vị trí trạm đo.

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày kết quả phân bố nồng độ khí NO₂, SO₂ từ ảnh vệ tinh Sentinel-5P, qua đó cho thấy tính ứng dụng cao cho bài toán nội suy nồng độ các chất khí gây ô nhiễm môi trường bằng công cụ hữu ích này.

Sử dụng ảnh viễn thám trong thành lập bản đồ phân bố các chất gây ô nhiễm không khí là một giải pháp phù hợp vì có thể cập nhật thông tin một cách nhanh chóng và tương đối chính xác. Tuy nhiên, cũng có những hạn chế khách quan như trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa ở Việt Nam, thời tiết có nhiều mây che đã làm ảnh hưởng đến kết quả quan trắc của vệ tinh.

Phương pháp của nghiên cứu này là một sự bổ sung vào các phương pháp quan trắc để có thể góp phần đánh giá tình hình ô nhiễm NO₂, SO₂ một cách nhanh chóng trên diện rộng, có thể đưa dự báo chất lượng không khí trở thành phổ biến như bản tin thời tiết, giúp người dân và các nhà nghiên cứu dễ dàng theo dõi và thu thập số liệu. ○

Lời cảm ơn

Trong quá trình nghiên cứu và thực hiện bài báo đã nhận được hỗ trợ và cho phép sử dụng một số kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng Big data - viễn thám trong giám sát ô nhiễm không khí từ các khu xử lý rác thải”, mã số TNMT.2020.08.02.

Tài liệu tham khảo

[1]. Marina Vîrghileanu, Ionut Săvulescu, Bogdan-Andrei Mihai, Constantin Nistor and Robert Dobre (2020). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak, Remote Sens. 2020, 12(21), 3575; <https://doi.org/10.3390/rs12213575>

[2]. Phạm Duy Hiền (2019), Impact of urban expansion on the air pollution landscape: A case study of Hanoi, Vietnam, Science of The Total Environment.

[3]. Brian William Bodaha, Alcindo Neckel, Laércio Stolfo Maculan, Celene B.Milanes, Cleiton Korcelski, Omar Ramírez, Juan F.Mendez-Espinosa, Eliane Thaines Bodah, Marcos L.S.Oliveira (2022). Sentinel-5P TROPOMI satellite application for NO₂ and CO studies aiming at environmental valuation, Journal of Cleaner Production, Volume 357, 10 July 2022, 131960.

[4]. Henk Eskes, Jos van Geffen, Folkert Boersma, Kai-Uwe Eichmann, Arnoud Apituley, Mattia Pedergnana, Maarten Sneep, J. Pepijn Veefkind, and Diego Loyola (2022). Sentinel-5 precursor/TROPOMI Level 2 Product User Manual Nitrogen dioxide, S5P L2 PUM Nitrogen dioxide issue 4.1.0, 2022-07-11 – released. ○

Summary

Establishment of the distribution maps of NO₂ and SO₂ concentrations from sentinel-5P satellite data in Hanoi

Do Thi Phuong Thao

Hanoi University of Mining and Geology

Nghiem Van Ngo

Vietnam National Remote Sensing Department

Vu Kim Son

Mapping Department, Army General Staff

Nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) are the main gases causing air pollution in many urban areas and large industrial zones in Vietnam. Therefore, it is necessary to monitor the concentration of NO₂ and SO₂ regularly on a large scale; which will help the decision-makers to find a sustainable solution for air quality management and improve people's health. In this study, we used data from the dedicated remote sensing satellite Sentinel-5P of the European Space Agency (ESA) to extract the concentrations of NO₂ and SO₂ in the air of the Hanoi area in 2021.

The validation approach of satellite data, based on cross-correlation analysis with independent data from in-situs, has shown that the correlation coefficient (R^2) for NO₂ is approximately 0.7, and for SO₂ it is 0.78; which that the accuracy of calculating NO₂ and SO₂ content from Sentinel-5P data is quite good. The results also show that, in 2021, the NO₂ and SO₂ values in the air of Hanoi are relatively high. ○

Keywords: NO₂, SO₂, TROPOMI, Sentinel-5P