

## Phân bố và mức độ ô nhiễm của nhôm (Al) và sắt (Fe) trong bụi đường tại thành phố Đà Nẵng

### Spatial Distribution and Pollution Levels of Aluminum (Al) and Iron (Fe) in Road Dust in Da Nang City

Nguyễn Thị Hồng Tinh<sup>a</sup>, Trần Hải Vũ<sup>b</sup>, Trương Thị Thúy Quỳnh<sup>c</sup>, Trần Bá Quốc<sup>a,d\*</sup>  
Nguyen Thi Hong Tinh<sup>a</sup>, Tran Hai Vu<sup>b</sup>, Truong Thi Thuy Quynh<sup>c</sup>, Tran Ba Quoc<sup>a,d\*</sup>

<sup>a</sup>Khoa Môi trường và Khoa học tự nhiên, Trường Công nghệ và Kỹ thuật, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>a</sup>Faculty of Environment and Natural Sciences, School of Technology and Engineering, Duy Tan University, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Viet Nam

<sup>b</sup>Trường Đại học Quy Nhơn, phường Quy Nhơn Nam, tỉnh Gia Lai, Việt Nam

<sup>b</sup>Quy Nhon University, Quy Nhon Nam ward, Gia Lai province, Viet Nam

<sup>c</sup>Phân viện Khoa học An toàn Vệ sinh Lao động và Bảo vệ Môi trường Miền Trung - Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam

<sup>c</sup>Branch of National Institute of Occupational Safety and Health in the Central Viet Nam (CNIOSH) - Vietnam General Confederation of Labor (VGCL)

<sup>d</sup>Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ cao, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>d</sup>Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Viet Nam

(Ngày nhận bài: 22/07/2025, ngày phản biện xong: 27/12/2025, ngày chấp nhận đăng: 17/01/2026)

### Tóm tắt

Nghiên cứu này nhằm đánh giá nồng độ, phân bố không gian và mức độ ô nhiễm của nhôm (Al) và sắt (Fe) trong bụi đường tại thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Tổng cộng 60 mẫu bụi đường đã được thu thập vào năm 2024, bao gồm 56 mẫu đại diện cho các phường/xã (theo địa giới hành chính cũ) và 4 mẫu nền tại các khu vực ít chịu ảnh hưởng bởi hoạt động đô thị. Các mẫu được phân tích nồng độ Al và Fe bằng phương pháp ICP-OES, và kết quả được xử lý thống kê kết hợp với nội suy không gian bằng phương pháp IDW. Kết quả cho thấy nồng độ trung bình của Al và Fe dao động lần lượt từ 7.123 - 24.211 mg/kg và 6.408 - 17.385 mg/kg. Phân tích không gian chỉ ra rằng các khu vực ngoại ô, đặc biệt là các vùng giáp ranh đồi núi hoặc đất trống, có xu hướng tích lũy Al và Fe cao hơn so với trung tâm thành phố. Chỉ số tích lũy địa hóa ( $I_{geo}$ ) được sử dụng để đánh giá mức độ ô nhiễm, cho thấy hầu hết các khu vực nằm trong ngưỡng “Không ô nhiễm” đến “Ô nhiễm mức độ vừa”, ngoại trừ một số điểm có  $I_{geo} > 1$  đối với Al. Sự phân bố không đồng đều của Al và Fe cho thấy vai trò chi phối của yếu tố địa chất tự nhiên, trong khi ảnh hưởng từ hoạt động giao thông và công nghiệp là không đáng kể. Các kết quả này gợi ý rằng việc giám sát bụi đường cần được thực hiện với độ phân giải không gian cao hơn, đặc biệt tại các khu vực ngoại thành. Đồng thời, cần thiết lập giá trị nền địa phương cho các nguyên tố địa sinh như Al và Fe để làm cơ sở đánh giá chính xác mức độ ô nhiễm của các kim loại nguy hại khác trong môi trường đô thị.

*Từ khóa:* Bụi đường, nội suy không gian, chỉ số  $I_{geo}$ , ô nhiễm kim loại

\*Tác giả liên hệ: Trần Bá Quốc

Email: tranbaquoc@duytan.edu.vn

## Abstract

This study aimed to assess the concentrations, spatial distribution, and pollution levels of aluminum (Al) and iron (Fe) in road dust in Da Nang city, Viet Nam. A total of 60 road dust samples were collected in 2024, including 56 samples representing wards/communes (based on the former administrative boundaries) and 4 background samples from areas with minimal urban activity. The samples were analyzed for Al and Fe concentrations using the ICP-OES method, and the results were statistically processed in combination with spatial interpolation using the Inverse Distance Weighting (IDW) method. The findings showed that the average concentrations of Al and Fe ranged from 7.123-24.211 mg/kg and 6.408-17.385 mg/kg, respectively. Spatial analysis revealed that suburban areas, particularly those adjacent to hills or bare lands, tended to accumulate higher levels of Al and Fe compared to the city center. The geo-accumulation index ( $I_{geo}$ ) was used to evaluate pollution levels, indicating that most areas fell within the “uncontaminated” to “moderately contaminated” categories, except for a few locations with  $I_{geo} > 1$  for Al. The uneven distribution of Al and Fe suggests that natural geological factors predominantly influence their presence, while the impacts from traffic and industrial activities appear to be minimal. These results suggest that road dust monitoring should be conducted at higher spatial resolution, especially in suburban areas. Furthermore, establishing local geochemical background values for lithogenic elements such as Al and Fe is essential to accurately assess the pollution levels of more hazardous metals in urban environments.

*Keywords:* Road dust, spatial interpolation,  $I_{geo}$  index, metal pollution

## 1. Giới thiệu

Ô nhiễm kim loại nặng trong môi trường đô thị là một trong những vấn đề môi trường đáng quan tâm hiện nay do mối liên hệ chặt chẽ giữa hoạt động đô thị hóa, giao thông vận tải và sức khỏe cộng đồng [11, 14]. Trong số các thành phần gây ô nhiễm môi trường không khí và đất tại khu vực thành thị, bụi đường (road dust) đóng vai trò như một kho chứa tiềm ẩn các kim loại nặng, bao gồm cả những nguyên tố có hàm lượng cao trong lớp vỏ trái đất như nhôm (Al) và sắt (Fe) [2, 15]. Mặc dù Al và Fe không phải là những nguyên tố độc hại cấp tính như Pb, Cd hay Hg, nhưng chúng có thể gây ra ảnh hưởng sinh học gián tiếp khi tích lũy với hàm lượng cao trong môi trường và tiếp xúc lâu dài [6, 11].

Al là nguyên tố phổ biến thứ ba trong vỏ trái đất và thường xuất hiện ở dạng oxide trong bụi khoáng. Khi tồn tại ở nồng độ cao, Al có thể gây ảnh hưởng đến hệ thần kinh, đặc biệt là trong điều kiện pH thấp làm tăng tính hòa tan của nó [9]. Trong khi đó, Fe là một nguyên tố thiết yếu nhưng cũng có thể gây hại nếu vượt quá ngưỡng sinh học, gây stress oxy hóa ở sinh vật và biến đổi cấu trúc sinh học của đất [8].

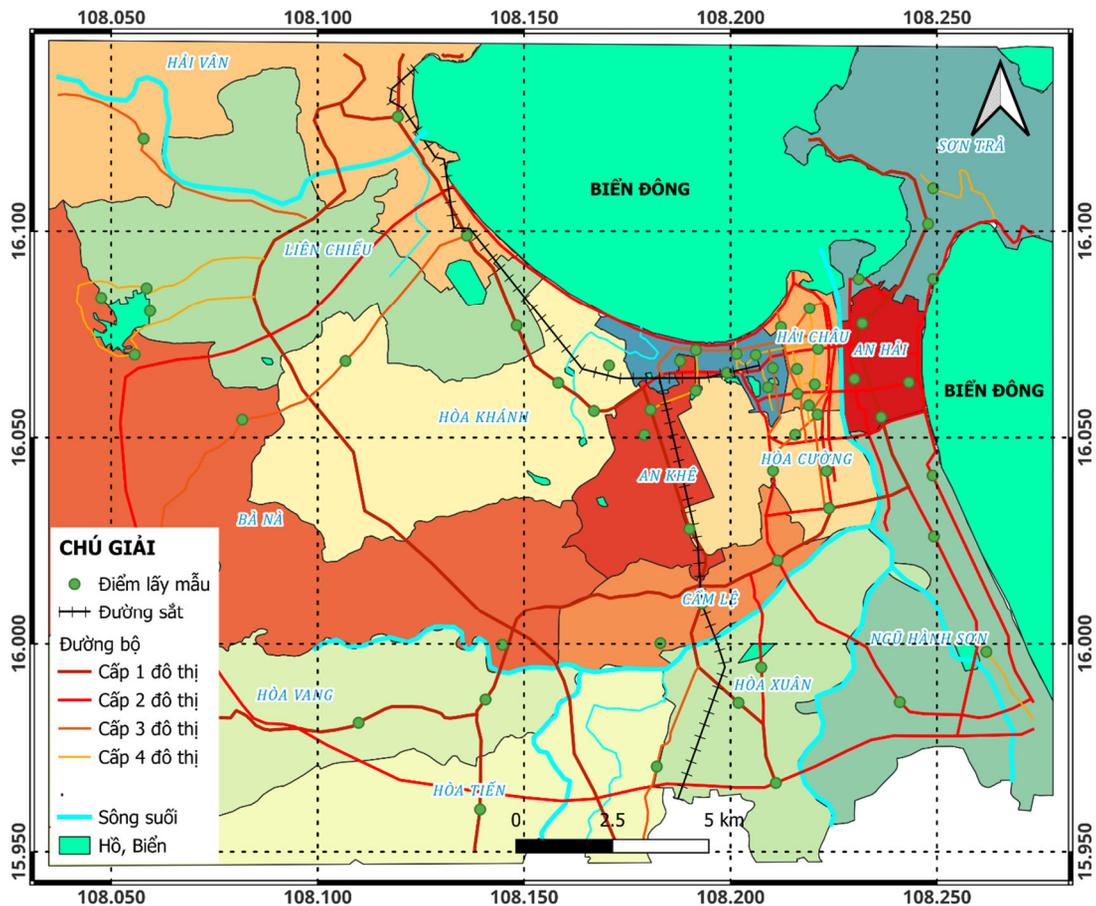
Đà Nẵng là một thành phố lớn ở miền Trung Việt Nam, có tốc độ đô thị hóa nhanh và mạng

lưới giao thông phát triển mạnh mẽ. Từ ngày 01/07/2025, thành phố Đà Nẵng được mở rộng địa giới hành chính khi sáp nhập toàn bộ tỉnh Quảng Nam, tạo thành "Đà Nẵng mới". Việc mở rộng này kéo theo sự biến đổi mạnh mẽ về cấu trúc không gian đô thị và áp lực gia tăng lên môi trường không khí và đất. Tuy nhiên, các nghiên cứu về phân bố và mức độ ô nhiễm của các nguyên tố phổ biến như Al và Fe trong bụi đường ở khu vực này còn hạn chế.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng nồng độ và phân bố không gian của Al và Fe trong bụi đường tại thành phố Đà Nẵng (trước mở rộng địa giới). Cụ thể, 60 mẫu bụi đường đã được thu thập, bao gồm 56 mẫu đại diện cho các phường/xã thuộc Đà Nẵng cũ, cùng với 4 mẫu nền ở khu vực ít chịu tác động nhân sinh. Nghiên cứu tập trung vào: (1) phân tích nồng độ trung bình Al, Fe tại các khu vực đại diện; (2) nội suy và đánh giá phân bố không gian của hai nguyên tố; và (3) xác định mức độ ô nhiễm thông qua các chỉ số đánh giá. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở dữ liệu cho quản lý chất lượng môi trường đô thị, cũng như xây dựng chiến lược giám sát ô nhiễm kim loại trong bối cảnh phát triển mở rộng đô thị ở Việt Nam.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu và thiết kế thu mẫu



Hình 1. Vị trí các điểm lấy mẫu bụi đường tại thành phố Đà Nẵng (cũ), bao gồm 56 điểm đại diện các phường/xã và 4 điểm nền.

Thành phố Đà Nẵng (cũ) là đô thị trung tâm khu vực miền Trung Việt Nam, với đặc điểm địa hình đa dạng và tốc độ đô thị hóa nhanh chóng [7]. Để phục vụ mục tiêu đánh giá không gian phân bố và mức độ ô nhiễm của Al và Fe trong bụi đường, tổng cộng 60 mẫu bụi đường đã được thu thập vào năm 2024 tại các tuyến đường gần trụ sở ủy ban nhân dân (UBND) của 56 phường/xã (theo phân chia hành chính cũ) và 4 điểm nền (background) tại các khu vực xa nguồn giao thông và hoạt động công nghiệp. Hình 1 minh họa vị trí các điểm lấy mẫu trên bản đồ thành phố Đà Nẵng (cũ).

Các điểm lấy mẫu được lựa chọn có chủ đích, nhằm đảm bảo đại diện cho toàn bộ không gian hành chính của thành phố và phân bố đồng đều

theo yếu tố chức năng đô thị. Mỗi điểm lấy mẫu nằm tại tuyến đường chính gần trụ sở UBND cấp phường/xã, phản ánh đặc trưng giao thông đô thị tại khu vực tương ứng. Mẫu nền được thu tại các khu vực ít bị ảnh hưởng bởi hoạt động giao thông hoặc công nghiệp, như vùng đồi núi phía tây thành phố và bán đảo Sơn Trà.

### 2.2. Quy trình thu thập và xử lý mẫu

Các mẫu bụi đường được thu bằng chổi nhựa và xẻng sạch trên diện tích mặt đường, vào khung giờ từ 8:30 đến 16:30 trong điều kiện thời tiết khô ráo, không có mưa trong 7 ngày liên tục trước đó. Mỗi mẫu thu khoảng 1-1.5 kg bụi khô, sau đó được loại bỏ rác thô và tạp chất trước khi đựng trong túi ziplock có dán nhãn và chuyển về phòng thí nghiệm.

Tại phòng thí nghiệm, mẫu được sấy khô ở nhiệt độ phòng, sau đó sàng qua rây 150 mesh (<100 μm) để thu phần bụi mịn, phân đoạn có khả năng gây rủi ro cao hơn do khả năng xâm nhập qua hệ hô hấp. Khoảng 0.5 g mẫu được phân tích nồng độ Al và Fe bằng phương pháp quang phổ phát xạ plasma cảm ứng cao tần (ICP-OES, Agilent 5110), sau khi tiêu hủy mẫu bằng hỗn hợp axit HNO<sub>3</sub>-HCl (2:1) theo quy trình vi sóng (USEPA Method 3051A). Các mẫu trắng, mẫu lặp và mẫu chuẩn chuẩn hóa (SRM 1648a) được phân tích song song để đảm bảo chất lượng (QA/QC), với độ hồi phục dao động từ 90 - 110% và sai số lặp <10%.

**2.3. Phân tích chỉ số ô nhiễm (I<sub>geo</sub>)**

Chỉ số tích lũy địa hóa (Geoaccumulation Index - I<sub>geo</sub>) được sử dụng để đánh giá mức độ ô

nhiễm của Al và Fe tại từng điểm lấy mẫu. I<sub>geo</sub> được tính theo công thức của [13].

$$I_{geo} = \log_2\left(\frac{C_i}{1.5B_i}\right) \tag{1}$$

trong đó: C là nồng độ Al hoặc Fe trong mẫu bụi đường; B là nồng độ nền (trung bình của 4 mẫu nền); hệ số hiệu chỉnh 1.5 được sử dụng để điều chỉnh các biến động địa chất tự nhiên.

Giá trị I<sub>geo</sub> được phân loại thành 7 mức độ từ “Không ô nhiễm” đến “Ô nhiễm cực mạnh” theo thang phân loại chuẩn (Bảng 1) [13]. Việc sử dụng chỉ số này cho phép đánh giá và so sánh mức độ ô nhiễm giữa các khu vực khác nhau một cách khách quan.

Bảng 1. Mức độ ô nhiễm tương ứng với giá trị chỉ số tích lũy địa hóa (I<sub>geo</sub>)

| Chỉ số đánh giá  | Mức độ ô nhiễm                    | Giá trị I <sub>geo</sub> |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| I <sub>geo</sub> | Không ô nhiễm                     | I <sub>geo</sub> ≤ 0     |
|                  | Không đến ô nhiễm mức độ vừa      | 0 < I <sub>geo</sub> ≤ 1 |
|                  | Ô nhiễm mức độ vừa                | 1 < I <sub>geo</sub> ≤ 2 |
|                  | Ô nhiễm từ mức độ vừa đến cao     | 2 < I <sub>geo</sub> ≤ 3 |
|                  | Ô nhiễm mức độ cao                | 3 < I <sub>geo</sub> ≤ 4 |
|                  | Ô nhiễm từ mức độ cao đến cực cao | 4 < I <sub>geo</sub> ≤ 5 |
|                  | Ô nhiễm cực cao                   | I <sub>geo</sub> > 5     |

**2.4. Phân tích không gian và nội suy**

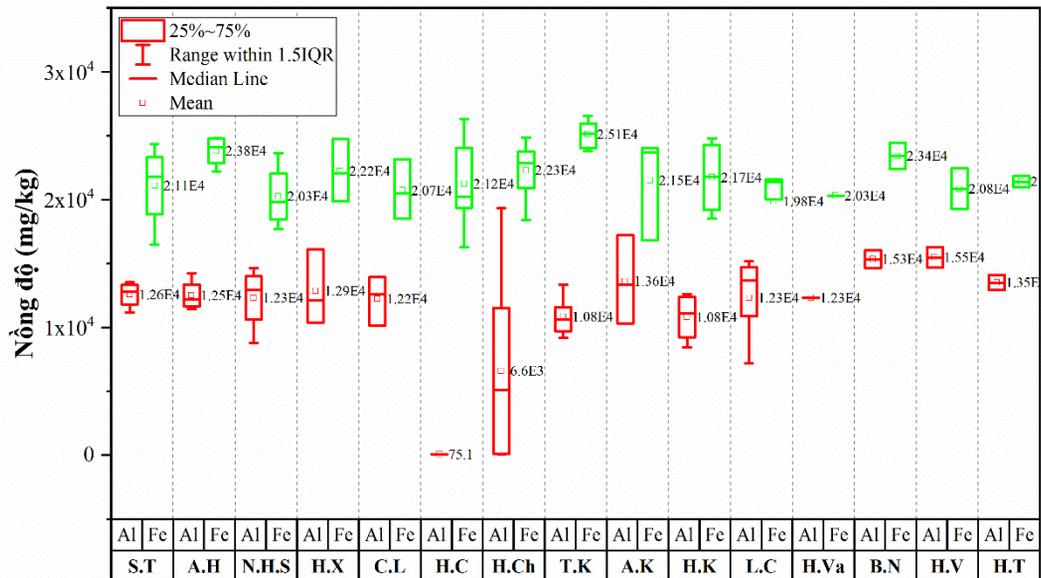
Để xác định và trực quan hóa sự phân bố không gian của Al và Fe, nghiên cứu áp dụng kỹ thuật nội suy không gian bằng phương pháp IDW (Inverse Distance Weighting) trên phần mềm QGIS 3.24. Phương pháp này cho phép ước tính giá trị tại các điểm chưa đo dựa trên khoảng cách đến các điểm đã có dữ liệu, với giả định rằng các điểm gần nhau có xu hướng giống nhau hơn.

Kết quả nội suy tạo ra các bản đồ phân bố liên tục của nồng độ Al và Fe trên toàn thành phố Đà Nẵng (cũ), phục vụ đánh giá xu thế không gian và nhận diện các khu vực có nguy cơ ô nhiễm cao.

**3. Kết quả và thảo luận**

**3.1. Nồng độ Al và Fe trong bụi đường**

Kết quả phân tích nồng độ Al và Fe trong bụi đường tại 15 phường/xã (thuộc địa giới hành chính mới của thành phố Đà Nẵng) được thể hiện trong Hình 2. Nhìn chung, nồng độ trung bình của cả hai nguyên tố này dao động đáng kể giữa các khu vực, phản ánh sự khác biệt về điều kiện môi trường và nguồn phát thải địa phương.



Hình 2. Nồng độ trung bình Al và Fe (mg/kg) trong bụi đường tại 15 phường/xã của thành phố Đà Nẵng (mới). S.T: phường Sơn Trà, A.H: phường An Hải, N.H.S: phường Ngũ Hành Sơn, H.X: phường Hòa Xuân, C.L: phường Cẩm Lệ, H.C: phường Hòa Cường, H.Ch: phường Hải Châu, T.K: phường Thanh Khê, A.K: phường An Khê, H.K: phường Hòa Khánh, L.C: phường Liên Chiểu, H.Va: xã Hòa Vang, B.N: xã Bà Nà, H.V: xã Hải Vân, H.T: xã Hòa Tiến.

Nồng độ trung bình của Al trong các mẫu bụi đường dao động từ 7.123 mg/kg đến 24.211 mg/kg, trong khi nồng độ Fe dao động từ 6.408 mg/kg đến 17.385 mg/kg. Đáng chú ý, các khu vực nằm ở ngoại ô hoặc vùng ven đô, chẳng hạn như Hòa Vang, Bà Nà, hoặc các khu vực giáp ranh với Quảng Nam, thường ghi nhận nồng độ Al và Fe cao hơn so với các phường nội thành như Hải Châu, Hòa Cường.

Xu hướng này có thể phản ánh ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và nhân sinh khác nhau. Cụ thể, các khu vực ngoại thành có thể tích tụ bụi đường giàu khoáng chất từ nguồn nền đất tự nhiên, đặc biệt là nơi có mật độ giao thông thấp và ít hoạt động làm sạch đường phố thường xuyên [17]. Bên cạnh đó, sự hiện diện của các công trình xây dựng dân dụng, đường đất hoặc khu vực trồng trọt cũng góp phần làm tăng lượng bụi khoáng có chứa Fe và Al.

Ngược lại, khu vực trung tâm thành phố, mặc dù có mật độ giao thông và đô thị hóa cao, lại ghi nhận nồng độ Al và Fe thấp hơn tương đối. Điều này có thể do tần suất làm sạch đường phố thường xuyên hơn, hệ thống giao thông được trải

nhựa kỹ lưỡng hơn, và ít tiếp xúc với nguồn đất tự nhiên [12]. Ngoài ra, sự tái lắng đọng của bụi mịn tại trung tâm cũng có xu hướng chứa nhiều kim loại độc hại (như Zn, Pb, Cd) hơn là các nguyên tố địa chất phổ biến như Al và Fe.

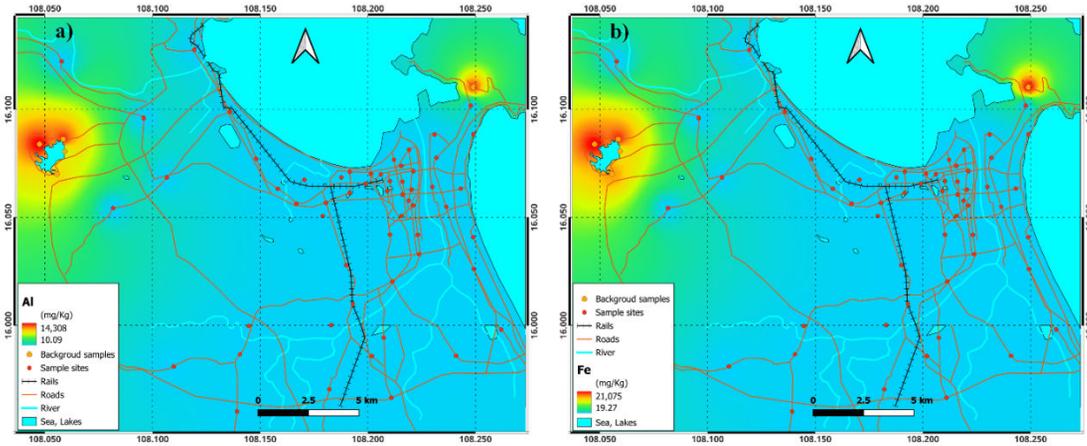
Tuy cả Al và Fe đều là các nguyên tố phổ biến trong lớp vỏ trái đất và ít mang tính độc hại sinh học cấp tính, sự tích lũy lâu dài của chúng trong môi trường đô thị có thể làm thay đổi tính chất đất, ảnh hưởng đến chu trình dinh dưỡng vi sinh vật, và làm gia tăng nồng độ nền của bụi đường – yếu tố ảnh hưởng đến việc đánh giá ô nhiễm của các kim loại nặng khác [12]. Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra rằng nồng độ cao của Fe trong bụi hô hấp mịn (PM<sub>2.5</sub>) có thể gây stress oxy hóa khi hít phải trong thời gian dài [1].

Nhìn tổng thể, sự chênh lệch rõ rệt giữa các khu vực về nồng độ Al và Fe cho thấy tính chất không đồng nhất trong phân bố bụi khoáng đô thị tại Đà Nẵng. Kết quả này đóng vai trò quan trọng trong việc lựa chọn điểm nền hợp lý và điều chỉnh các chỉ số đánh giá ô nhiễm (như I<sub>geo</sub>) theo điều kiện địa phương nhằm phản ánh chính xác mức độ rủi ro môi trường.

### 3.2. Phân bố không gian của Al và Fe

Phân tích không gian bằng phương pháp nội suy IDW (Inverse Distance Weighting) cho thấy

sự biến thiên rõ rệt về phân bố nồng độ của Al và Fe trên toàn bộ địa bàn thành phố Đà Nẵng (cũ). Kết quả được thể hiện trong Hình 3a và Hình 3b.



Hình 3. Bản đồ nội suy phân bố không gian nồng độ (a. Al, b. Fe) trong bụi đường.

Phân bố không gian của Al (Hình 3a) cho thấy các giá trị cao tập trung chủ yếu tại khu vực phía tây bắc và phía nam thành phố, nơi có mật độ xây dựng thấp và tiếp giáp với các vùng nông thôn hoặc vùng đồi núi. Các khu vực như Liên Chiểu, Bà Nà là những nơi ghi nhận nồng độ Al cao hơn mức trung bình toàn thành phố, phản ánh vai trò của yếu tố địa chất nền và các nguồn tự nhiên [10]. Ngược lại, trung tâm thành phố (Hải Châu, Thanh Khê, Hòa Cường) có nồng độ Al thấp hơn đáng kể, phù hợp với kết quả ở mục 3.1.

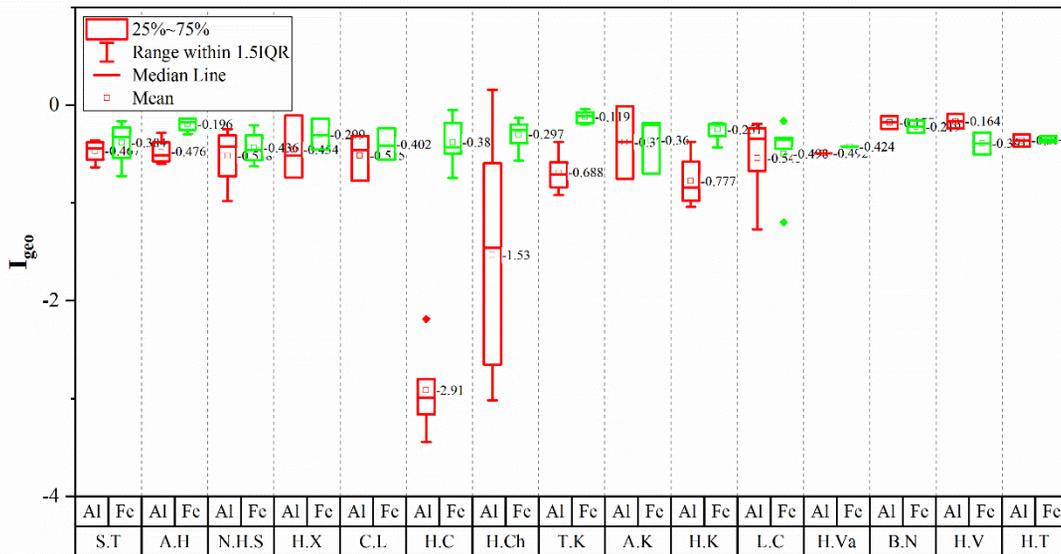
Với Fe, bản đồ phân bố không gian (Hình 3b) cho thấy mô hình tương tự, tuy nhiên nồng độ cao của Fe cũng xuất hiện tại một số điểm gần các khu vực có hoạt động xây dựng, cơ khí và giao thông cao, như dọc quốc lộ 1A và tuyến

tránh phía tây thành phố. Điều này cho thấy ngoài yếu tố nền địa chất, hoạt động nhân sinh như mài mòn từ phương tiện giao thông hoặc công trình xây dựng cũng có thể đóng vai trò góp phần tăng nồng độ Fe tại một số khu vực [5].

Sự khác biệt trong phân bố không gian giữa Al và Fe cho thấy hai nguyên tố này chịu ảnh hưởng bởi cả nguồn gốc tự nhiên và nhân sinh, với mức độ tương đối khác nhau. Al có xu hướng phản ánh nền địa chất khu vực, trong khi Fe có thể chịu tác động bổ sung từ các hoạt động đô thị.

### 3.3. Mức độ ô nhiễm Al và Fe

Mức độ ô nhiễm của Al và Fe được đánh giá thông qua chỉ số tích lũy địa hóa ( $I_{geo}$ ), với giá trị trung bình tại 15 phường/xã được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Giá trị trung bình chỉ số  $I_{geo}$  của Fe và Al tại 15 phường/xã thuộc thành phố Đà Nẵng (mới).

Giá trị  $I_{geo}$  cho Al dao động từ -0.31 đến 1.12, trong khi giá trị  $I_{geo}$  của Fe dao động từ -0.45 đến 0.98. Theo thang phân loại của Müller (1979), đa số các khu vực được xếp vào mức “Không ô nhiễm” đến “Ô nhiễm mức độ vừa”, với một số khu vực có chỉ số  $I_{geo}$  vượt ngưỡng 1, tức thuộc nhóm “Ô nhiễm mức độ vừa”. Cụ thể, các khu vực như Liên Chiểu và Bà Nà có giá trị  $I_{geo}$  của Al và Fe cao hơn so với trung bình, trùng khớp với các vùng có nồng độ nguyên tố cao như đã trình bày trong phần 3.2.

Các giá trị âm hoặc gần bằng 0 của  $I_{geo}$  ở trung tâm thành phố chỉ ra rằng mức độ tích lũy các nguyên tố Al và Fe tại đây không đáng kể so với nền tự nhiên. Điều này củng cố nhận định rằng nguồn gốc phát sinh Al và Fe chủ yếu đến từ các quá trình phong hóa tự nhiên hoặc bụi đất nền thay vì các hoạt động công nghiệp đô thị hiện hữu.

Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về bụi đường ở khu vực Đông Nam Á, trong đó Fe và Al thường được xem là nguyên tố địa sinh và ít chịu tác động tích cực từ nguồn phát thải công nghiệp, trái ngược với các nguyên tố như Pb, Zn hoặc Cd [4, 16].

### 3.4. Hàm ý môi trường và quản lý đô thị

Kết quả phân tích nồng độ và phân bố không gian của Al và Fe cho thấy phần lớn các khu vực

trong thành phố Đà Nẵng hiện không chịu ảnh hưởng ô nhiễm nghiêm trọng từ hai nguyên tố này. Tuy nhiên, sự phân bố không đều và giá trị  $I_{geo}$  tại một số khu vực ngoại ô vượt ngưỡng “Ô nhiễm vừa” đặt ra một số hàm ý môi trường cần lưu ý trong công tác quy hoạch và quản lý đô thị.

Thứ nhất, hoạt động khai thác đất hoặc thiếu cây xanh bảo vệ, làm gia tăng khả năng lắng đọng và tái phát tán bụi khoáng giàu kim loại. Do đó, các biện pháp kiểm soát bụi như trồng cây, phủ xanh vùng chuyển tiếp đô thị - nông thôn, và tăng tần suất vệ sinh đường phố là cần thiết.

Thứ hai, mặc dù Al và Fe không phải là kim loại nặng độc hại cấp tính, nhưng sự tích lũy của chúng có thể làm biến đổi nền địa hóa của bụi đường, ảnh hưởng đến chỉ số đánh giá các nguyên tố nguy hiểm hơn như Pb, Zn, hoặc Cd [3]. Việc thiết lập nền chuẩn địa phương (local background) cho các nguyên tố địa sinh như Al, Fe là hết sức quan trọng nhằm đảm bảo tính chính xác khi áp dụng các chỉ số như  $I_{geo}$  hoặc EF cho các nghiên cứu ô nhiễm khác.

Cuối cùng, kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc xây dựng mạng lưới giám sát môi trường không khí và bụi đường đô thị có phân vùng hợp lý, đặc biệt trong bối cảnh Đà Nẵng đã mở rộng địa giới hành chính từ ngày

01/07/2025, sáp nhập tỉnh Quảng Nam. Sự khác biệt rõ ràng giữa khu vực trung tâm và vùng ven đô mới sát nhập càng nhấn mạnh nhu cầu điều chỉnh chính sách môi trường theo đặc điểm địa phương hóa.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này đã cung cấp đánh giá định lượng và không gian về nồng độ và mức độ ô nhiễm của hai nguyên tố phổ biến trong bụi đường đô thị là Al và Fe tại thành phố Đà Nẵng (cũ), với 56 mẫu bụi thu thập tại các phường/xã và 4 mẫu nền. Kết quả cho thấy nồng độ trung bình của Al và Fe dao động đáng kể giữa các khu vực, trong đó các phường/xã ngoại ô như Hòa Vang và Bà Nà ghi nhận giá trị cao hơn so với các phường nội đô như Hải Châu hay Thanh Khê.

Phân tích nội suy không gian bằng phương pháp IDW cho thấy sự phân bố không đồng đều của Al và Fe, tập trung nhiều hơn tại các khu vực tiếp giáp vùng đồi núi hoặc nơi có điều kiện thổ nhưỡng tự nhiên lộ thiên, phản ánh sự chi phối của yếu tố địa chất nền hơn là các nguồn ô nhiễm nhân sinh. Giá trị chỉ số  $I_{geo}$  đối với cả hai nguyên tố chủ yếu nằm trong mức “Không ô nhiễm” đến “Ô nhiễm mức độ vừa”, tuy nhiên một số khu vực ngoại thành cho thấy xu hướng tích lũy cao hơn mức trung bình, đặc biệt đối với Al.

Những kết quả này gợi mở một số hàm ý quan trọng đối với công tác quản lý môi trường đô thị. Thứ nhất, việc thiết lập và cập nhật nền địa hóa địa phương là cần thiết nhằm nâng cao độ chính xác trong đánh giá ô nhiễm kim loại nặng tại các đô thị đang mở rộng như Đà Nẵng. Thứ hai, sự khác biệt rõ rệt giữa trung tâm và vùng ven đô cho thấy cần có chiến lược giám sát không gian có trọng tâm, đặc biệt tại các vùng có thảm phủ đất trống hoặc mật độ xây dựng thấp, nơi bụi khoáng có thể tích tụ và tái phát tán. Cuối cùng, mặc dù Al và Fe không phải là kim loại độc hại cấp tính, nhưng vai trò của chúng trong điều chỉnh bối cảnh nền địa hóa và ảnh hưởng gián

tiếp đến sự đánh giá các nguyên tố nguy hại khác không nên bị xem nhẹ.

Trong tương lai, các nghiên cứu nên mở rộng phạm vi sang các nguyên tố có độc tính cao hơn (như Pb, Zn, Cd), kết hợp với các chỉ số sinh thái và đánh giá nguy cơ sức khỏe. Đồng thời, nên xem xét các yếu tố theo mùa, dữ liệu khí tượng và áp dụng các mô hình phân tán để làm rõ hơn cơ chế lan truyền bụi đường và kim loại trong không khí đô thị.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Adewumi, A. J. (2022). "Heavy Metals in Soils and Road Dust in Akure City, Southwest Nigeria: Pollution, Sources, and Ecological and Health Risks". *Exposure and Health* (2), 375-392. <https://doi.org/10.1007/s12403-021-00456-y>.
- [2] Aguilera, A., Bautista, F., Gutiérrez-Ruiz, M., Cenicerós-Gómez, A. E., Cejudo, R., Goguitchaichvili, A. (2021). "Heavy metal pollution of street dust in the largest city of Mexico, sources and health risk assessment". *Environmental Monitoring and Assessment* (4), 193. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08993-4>.
- [3] Alloway, B. J. (2012). *Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. Often listed as Springer Dordrecht, Netherlands: Springer Science & Business Media.
- [4] Dat, N. D., Nguyen, L. S. P., Vo, T.-D.-H., Van Nguyen, T., Do, T. T. L., Tran, A. T. K., Hoang, N. T.-T. (2023). "Pollution characteristics, associated risks, and possible sources of heavy metals in road dust collected from different areas of a metropolis in Vietnam". *Environmental Geochemistry and Health* (11), 7889-7907. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01696-4>.
- [5] Ettler, V. (2016). "Soil contamination near non-ferrous metal smelters: A review". *Applied Geochemistry* (64), 56-74. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.09.020>.
- [6] Ferreira-Baptista, L., De Miguel, E. (2005). "Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: A tropical urban environment". *Atmospheric Environment* (25), 4501-4512. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.03.026>.
- [7] Giang, H. (2023). *Da Nang towards a major economic and social hub in Southeast Asia*. 04/03/2024, <https://aseanvietnam.vn/en/post/da-nang-towards-a-major-economic-and-social-hub-in-southeast-asia>.
- [8] Gupta, N., Khan, D. K., Santra, S. C. (2008). "An Assessment of Heavy Metal Contamination in Vegetables Grown in Wastewater-Irrigated Areas of

- Titagarh, West Bengal, India". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (2), 115-118. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9327-z>.
- [9] Krewski, D., Yokel, R. A., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., Kacew, S., Lindsay, J., Mahfouz, A. M., Rondeau, V. (2007). "Human Health Risk Assessment for Aluminium, Aluminium Oxide, and Aluminium Hydroxide". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* (sup1), 1-269. <https://doi.org/10.1080/10937400701597766>.
- [10] Lyanguzova, I. V., Goldvirt, D. K., Fadeeva, I. K. (2016). "Spatiotemporal dynamics of the pollution of Al-Fe-humus podzols in the impact zone of a nonferrous metallurgical plant". *Eurasian Soil Science* (10), 1189-1203. <https://doi.org/10.1134/S1064229316100094>.
- [11] Men, C., Liu, R., Xu, F., Wang, Q., Guo, L., Shen, Z. (2018). "Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China". *Science of The Total Environment* 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.123>.
- [12] Mirzaei Aminiyan, M., Baalousha, M., Mousavi, R., Mirzaei Aminiyan, F., Hosseini, H., Heydariyan, A. (2018). "The ecological risk, source identification, and pollution assessment of heavy metals in road dust: a case study in Rafsanjan, SE Iran". *Environmental Science and Pollution Research* (14), 13382-13395. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8539-y>.
- [13] Muller, G. (1969). "Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River". *GeoJournal* (3), 108-118. <https://doi.org/https://www.sid.ir/paper/618491/en>.
- [14] Rustamov, G., İsmaylova, L. (2022). "Geochemistry landscape classification: toxicity of chemical elements and their impact on human health". *Environmental Geochemistry and Health* (2), 631-643. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00747-4>.
- [15] Soleimani, M., Amini, N., Sadeghian, B., Wang, D., Fang, L. (2018). "Heavy metals and their source identification in particulate matter (PM2.5) in Isfahan City, Iran". *Journal of Environmental Sciences* 166-175. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.01.002>.
- [16] Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., Posmentier, E. S. (2006). "Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China". *Science of The Total Environment* (1), 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.026>.
- [17] Zhao, N., Lu, X., Chao, S., Xu, X. (2015). "Multivariate statistical analysis of heavy metals in less than 100 µm particles of street dust from Xining, China". *Environmental Earth Sciences* (5), 2319-2327. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3578-x>.