

Bài báo khoa học

# **Đánh giá nồng độ bụi mịn ( $PM_{2.5}$ ) tại thành phố Hồ Chí Minh năm 2021**

**Nguyễn Thị Hoa<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Khoa Môi trường, Đại học Sài Gòn; nthoa@sgu.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: nthoa@sgu.edu.vn; Tel.: +84–918452123

Ban Biên tập nhận bài: 5/6/2023; Ngày phản biện xong: 9/7/2023; Ngày đăng bài: 25/7/2023

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này nhằm đánh giá nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh vào năm 2021. Nồng độ  $PM_{2.5}$  trên toàn thành phố cũng được nội suy dựa vào phương pháp nội suy IDW (*Inverse Distance Weighting*) và *Kriging*. Ngoài ra, giá trị độ dày quang học sol khí (AOD - *Aerosol Optical Depth*) trên toàn thành phố Hồ Chí Minh cũng được sử dụng nhằm so sánh với sự phân bố nồng độ  $PM_{2.5}$  nội suy từ phương pháp IDW và *Kriging*. Kết quả nghiên cứu cho thấy nồng độ  $PM_{2.5}$  vào mùa khô cao hơn mùa mưa. Ngoài ra, nồng độ  $PM_{2.5}$  đạt giá trị cao nhất vào giờ cao điểm buổi sáng (7-8 giờ) và buổi chiều (17-19 giờ) do ảnh hưởng của phát thải  $PM_{2.5}$  từ hoạt động giao thông vận tải. Về sự phân bố không gian, giá trị  $PM_{2.5}$  cao hơn ở khu vực phía Tây Nam của thành phố, có thể do ảnh hưởng của hoạt động giao thông vận tải và phát thải công nghiệp. Bên cạnh đó, dựa vào kết quả phân tích tương quan với giá trị AOD, nghiên cứu này cho thấy phương pháp nội suy IDW thích hợp để nội suy nồng độ  $PM_{2.5}$  trên toàn thành phố Hồ Chí Minh.

**Từ khóa:**  $PM_{2.5}$ ; Bụi mịn; AOD; Sol khí; Tp.HCM.

## **1. Giới thiệu**

Thành phố Hồ Chí Minh là trung tâm chính trị, kinh tế và văn hóa của đất nước. Do mật độ dân số và giao thông cao [1], thành phố Hồ Chí Minh phải đối mặt với một số vấn đề về môi trường, trong đó có ô nhiễm không khí. Hàm lượng các chất gây ô nhiễm không khí tại thành phố này như bụi mịn ( $PM_{2.5}$ ), nitơ oxit ( $NO_x$ ), lưu huỳnh điôxit ( $SO_2$ ), và ozone ( $O_3$ ) được báo cáo vượt ngưỡng đáng kể khi so với giới hạn của các chất gây ô nhiễm không khí do Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) và Việt Nam quy định [2–4]. Liên quan đến sự ô nhiễm không khí tại thành phố Hồ Chí Minh, nồng độ trung bình 24 giờ và trung bình năm của  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  và  $SO_2$  lần lượt được báo cáo là 36,3, 73, 22 và 22,3  $\mu g/m^3$  [2–3]. Các nồng độ này tương đối đạt ngưỡng quy định trong Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về không khí xung quanh (QCVN 05:2013/BTNMT) nhưng cao hơn 2-6 lần so với ngưỡng do WHO ban hành. Do đó, việc tiếp xúc với các chất ô nhiễm này thông qua hít thở có thể ảnh hưởng không tốt đến sức khỏe con người.

Bụi mịn, còn được gọi là  $PM_{2.5}$ , là một trong những chất gây ô nhiễm được quan tâm thường xuyên [5] vì thành phần của  $PM_{2.5}$  có thể chứa một số hóa chất độc hại, chẳng hạn như kim loại, các hợp chất hữu cơ và vô cơ. Ngoài ra,  $PM_{2.5}$  có kích thước nhỏ (nhỏ hơn 2,5  $\mu m$ ) nên có thể xâm nhập sâu vào hệ hô hấp của con người và gây ra nhiều bệnh như kích ứng phổi, ho, hen suyễn và ung thư phổi [6]. Nghiên cứu về sự phân bố không gian, thay đổi theo thời gian, và ảnh hưởng đến sức khỏe con người của  $PM_{2.5}$  đã được thực hiện tại một số khu vực của Việt Nam, chẳng hạn như tỉnh Bình Dương [7], vùng tứ giác Long Xuyên [8], thành phố Hà Nội [9–10]. Tại thành phố Hồ Chí Minh, dựa trên kết quả phân tích kiểm kê phát thải,  $PM_{2.5}$  tại thành phố này được ghi nhận chủ yếu phát thải từ các hoạt động giao

thông vận tải, sản xuất công nghiệp và khí thải hộ gia đình [11–13]. Ngoài ra, dựa theo hướng gió, một số khu vực được báo cáo có thể ảnh hưởng đến sự ô nhiễm không khí tại thành phố Hồ Chí Minh, chẳng hạn như Đồng bằng sông Cửu Long [2, 14] và một số tỉnh ở Đông Nam Bộ như tỉnh Bình Dương, Đồng Nai, Bình Phước [13].

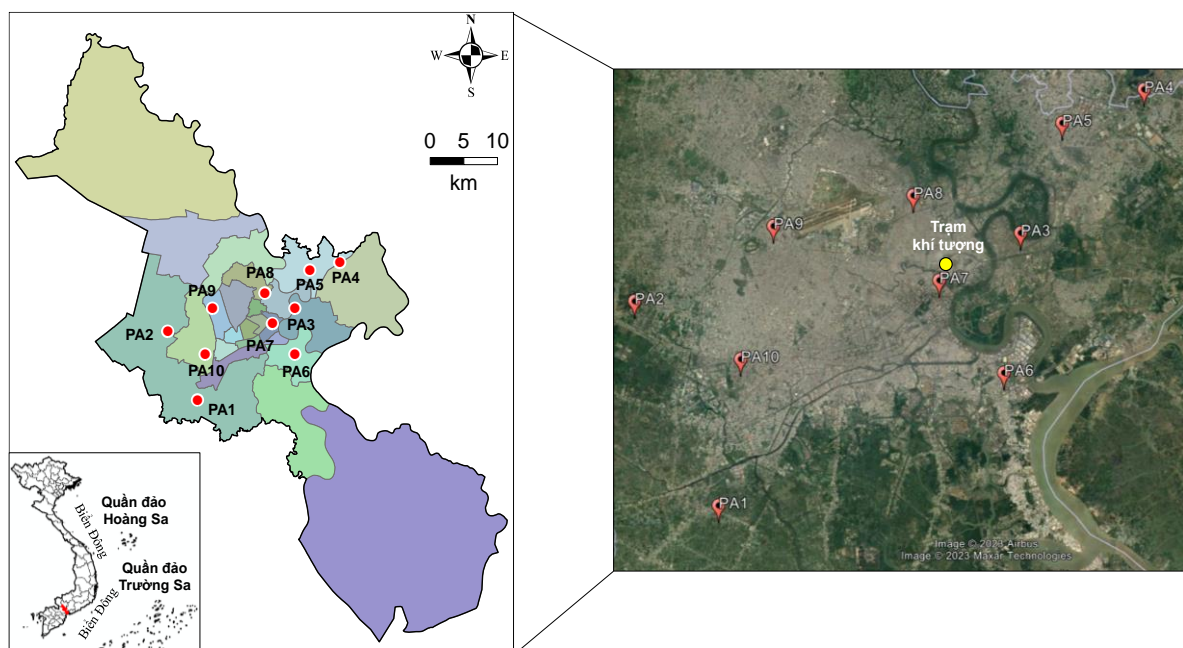
Sự phơi nhiễm với  $PM_{2.5}$  (bụi có kích thước hạt nhỏ hơn  $2,5 \mu m$ ) có thể làm gia tăng các bệnh về hô hấp (ví dụ như bệnh hen suyễn, dị ứng hô hấp, tim mạch), lý do là vì  $PM_{2.5}$  có thể đi sâu vào hệ hô hấp của con người, ví dụ phế nang do có kích thước nhỏ [15]. Do đó, việc quan trắc nhằm theo dõi sự thay đổi của  $PM_{2.5}$  theo phân bố không gian và thời gian là cần thiết. Để đánh giá sự ô nhiễm bụi, ngoài nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  thì giá trị độ dày quang học sol khí (AOD - Aerosol Optical Depth) cũng có thể được sử dụng. Giá trị AOD thể hiện mật độ sol khí (aerosol) trong khí quyển, do đó, giá trị AOD thường có sự tương quan với nồng độ bụi trong không khí [16–17]. Tại Việt Nam, mối tương quan giữa nồng độ  $PM_{2.5}$  và giá trị AOD tại thành phố Hồ Chí Minh [18] và Hà Nội [9] cũng đã được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây.

Nghiên cứu này nhằm đánh giá nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh vào năm 2021. Bên cạnh đó, giá trị độ dày quang học sol khí (AOD) trên toàn thành phố cũng được sử dụng trong nghiên cứu này nhằm so sánh với sự phân bố nồng độ  $PM_{2.5}$  nội suy từ phương pháp IDW và Kriging. Kết quả của nghiên cứu này góp phần cung cấp thêm thông tin về ô nhiễm không khí, cụ thể là ô nhiễm bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh, làm cơ sở cho các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm không khí tại thành phố.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

Dữ liệu về nồng độ  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2021 được thu thập từ mạng lưới quan trắc PAM Air (<https://pamair.org>). Vị trí và tọa độ địa lý của các vị trí quan trắc được trình bày trong hình 1 và bảng 1. Nồng độ  $PM_{2.5}$  được đo theo từng giờ (24 giờ/ngày), như vậy, có tổng cộng khoảng 8.760 ( $24 \text{ giờ/ngày} \times 365 \text{ ngày/năm}$ ) giá trị nồng độ  $PM_{2.5}$  tại mỗi vị trí quan trắc được xử lý và đánh giá. Phần mềm Excel được sử dụng để tính toán thống kê các giá trị nồng độ  $PM_{2.5}$ . Ngoài ra, nhằm hỗ trợ việc phân tích kết quả nồng độ  $PM_{2.5}$ , dữ liệu lượng mưa tại thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2021 cũng được thu thập từ trạm khí tượng thủy văn Nam Bộ.



**Hình 1.** Vị trí các điểm quan trắc  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh thuộc mạng lưới PAM Air.

**Bảng 1.** Các vị trí quan trắc PM<sub>2.5</sub> tại thành phố Hồ Chí Minh thuộc mạng lưới PAM Air.

STT	Vị trí	Quận/huyện	Ký hiệu	Tọa độ (kinh độ, vĩ độ)
1	Trường An Phú Tây	Bình Chánh	PA1	10.68, 106.60
2	Vĩnh Lộc B	Bình Chánh	PA2	10.77, 106.56
3	Thảo Điền	Quận 2	PA3	10.80, 106.73
4	Thư viện Trung tâm ĐHQG Tp.HCM	Thủ Đức	PA4	10.86, 106.79
5	Linh Chiểu	Thủ Đức	PA5	10.85, 106.75
6	Tân Thuận Đông	7	PA6	10.74, 106.73
7	Trường ĐH Khoa học xã hội & nhân văn	1	PA7	10.78, 106.70
8	Trường THCS Nguyễn Văn Nghi	Gò Vấp	PA8	10.82, 106.69
9	Bùi Xuân Phái	Tân Phú	PA9	10.80, 106.62
10	Đường số 1	Bình Tân	PA10	10.74, 106.61

## 2.2. Phương pháp thể hiện phân bố không gian và nội suy không gian nồng độ PM<sub>2.5</sub>

Phần mềm ArcMap 10.8 được sử dụng để thể hiện sự phân bố theo không gian của nồng độ PM<sub>2.5</sub>. Ngoài ra, nồng độ PM<sub>2.5</sub> trên toàn thành phố Hồ Chí Minh vào mùa khô (tháng 1, 2, 3, 4, và 12) và mùa mưa (tháng 5 - tháng 11) của năm 2021 được nội suy từ giá trị nồng độ tại các vị trí quan trắc (Bảng 1). Nghiên cứu này sử dụng phương pháp nội suy phổ biến nhất là IDW (*Inverse Distance Weight*) và Kriging.

Phương pháp nội suy IDW dự đoán giá trị PM<sub>2.5</sub> tại các vị trí không đặt thiết bị quan trắc PM<sub>2.5</sub> dựa trên khoảng cách không gian của các vị trí quan trắc và nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại các vị trí này. Những vị trí càng gần điểm quan trắc thì có trọng số càng lớn và ngược lại. Giá trị PM<sub>2.5</sub> tại các vị trí không đặt thiết bị quan trắc PM<sub>2.5</sub> được xác định dựa vào công thức như sau:

$$x^* = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \dots + w_nx_n}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n} \quad (1)$$

$$w = \frac{1}{d_{ix}^p} \quad (2)$$

Trong đó  $x^*$  là nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại vị trí chưa biết,  $w$  là trọng số và được tính theo công thức (2).  $x_{1,2,3,\dots,n}$  là nồng độ PM<sub>2.5</sub> được đo tại các vị trí 1, 2, 3,...,  $n$ .  $d$  là khoảng cách đến vị trí chưa biết nồng độ.  $p$  là số mũ và được chọn là 2. Giá trị của trọng số  $w$  tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa các vị trí đo, nghĩa là khoảng cách càng xa thì trọng số càng nhỏ và ngược lại.

Ngoài ra, nội suy Kriging cũng được sử dụng để dự đoán nồng độ PM<sub>2.5</sub> trên toàn thành phố Hồ Chí Minh. Dựa theo phương pháp này, nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại các vị trí không đặt thiết bị quan trắc dựa theo công thức (3).

$$z(p) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i \quad (3)$$

Trong đó  $z(p)$  là nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại vị trí không có thiết bị quan trắc,  $z_i$  là nồng độ PM<sub>2.5</sub> đã biết tại vị trí quan trắc.  $\lambda_i$  là trọng số và tổng của các trọng số có giá trị là 1.

Trong nghiên cứu này, vì số lượng các điểm đo nồng độ PM<sub>2.5</sub> tập trung chủ yếu tại khu vực nội thành (Hình 1), việc nội suy nồng độ tại các vị trí không có điểm đo (chẳng hạn như khu vực ngoại thành) có thể dẫn đến sai số. Ngoài ra, nồng độ PM<sub>2.5</sub> trong không khí chịu ảnh hưởng của các yếu tố thời tiết (chẳng hạn như lượng mưa). Chính vì vậy, nghiên cứu này đã sử dụng giá trị độ dày quang học sol khí (AOD) trên toàn thành phố Hồ Chí Minh để đánh giá sự phân bố nồng độ PM<sub>2.5</sub> từ phương pháp nội suy IDW và Kriging. Độ dày quang học sol khí (AOD) là đại lượng thể hiện mật độ sol khí (aerosol) khí quyển. Vì vậy, giá trị AOD thường tỷ lệ thuận với nồng độ PM<sub>2.5</sub> trong không khí [9, 16, 18].

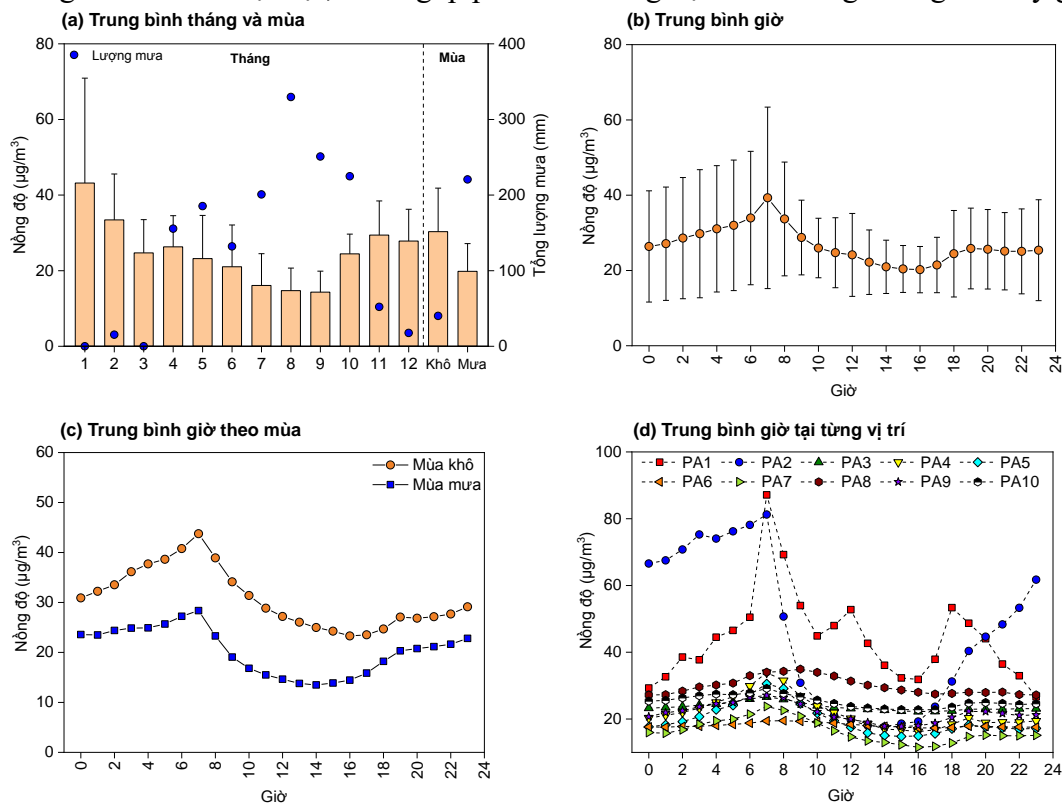
### 2.3. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu AOD

Dữ liệu về độ dày quang học sol khí (AOD) trên toàn thành phố Hồ Chí Minh vào mùa mưa và mùa khô của năm 2021 được thu thập từ Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu Khoa học Trái đất Goddard (GES DIS) thuộc NASA. Dữ liệu AOD sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu cấp độ 3 (MYD08\_D3\_v6.1), đo tại bước sóng  $0,55 \mu\text{m}$ , độ phân giải thời gian là 1 ngày, và độ phân giải không gian là  $1^\circ \times 1^\circ$ . Dữ liệu AOD được tính trung bình theo mùa, bao gồm mùa khô (tháng 1, 2, 3, 4, và 12) và mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11). Ngoài ra, sau khi được thu thập, phần mềm ArcGIS được sử dụng để làm tăng độ phân giải không gian của dữ liệu AOD bằng phương pháp nội suy và tính toán hệ số tương quan Pearson với nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  trên toàn thành phố Hồ Chí Minh. Giá trị AOD (không có đơn vị) thể hiện hàm lượng aerosol trong không khí và thường có tỷ lệ thuận với nồng độ bụi trong không khí. Nồng độ bụi cao có thể dẫn đến sự gia tăng giá trị AOD và ngược lại, khi giá trị AOD thấp, nồng độ bụi trong không khí giảm.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Diễn biến nồng độ $\text{PM}_{2.5}$ theo thời gian

Nồng độ trung bình của  $\text{PM}_{2.5}$  tại các vị trí đo trên toàn thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện trong hình 2. Nhìn chung, nồng độ trung bình của  $\text{PM}_{2.5}$  trong các tháng mùa khô (tháng 1, 2, 3, 4, và 12) cao hơn so với các tháng mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11). Nguyên nhân có thể do trong mùa khô có các dịp lễ, Tết quan trọng của năm, dẫn đến nhu cầu đi lại và sinh hoạt của người dân tăng lên. Tình trạng giao thông tăng cao do nhu cầu đi lại của người dân ồ ạt về quê vào dịp Tết và sau Tết đi làm việc dẫn đến tình trạng kẹt xe kéo dài dẫn đến sự phát thải  $\text{PM}_{2.5}$  từ khí thải động cơ phương tiện giao thông vận tải tăng cao. Vì hoạt động giao thông vận tải là một trong những nguồn thải  $\text{PM}_{2.5}$  chính tại thành phố Hồ Chí Minh [11, 13, 19–20], vì vậy, việc phát thải  $\text{PM}_{2.5}$  trong giai đoạn này gia tăng. Vào mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11), sự gia tăng của tần suất mưa và lượng mưa (Hình 2a) dẫn đến sự sa lắng ướt của các hạt bụi, từ đó góp phần làm nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  trong không khí suy giảm.



**Hình 2.** Nồng độ trung bình của  $\text{PM}_{2.5}$  tại thành phố Hồ Chí Minh.



Xét về sự thay đổi theo giờ, diễn biến giá trị trung bình  $PM_{2.5}$  theo giờ trong mùa khô và mùa mưa và tại các vị trí quan trắc  $PM_{2.5}$  có xu hướng giống nhau. Nhìn chung, nồng độ  $PM_{2.5}$  đạt cao nhất vào khung giờ 7-8 giờ sáng (Hình 2). Đây là giờ cao điểm của buổi sáng bởi nhu cầu di chuyển bằng phương tiện giao thông vô cùng đông đúc và góp phần tạo ra lượng lớn chất khí ô nhiễm như  $PM_{2.5}$ . Sau giờ cao điểm buổi sáng, nồng độ  $PM_{2.5}$  suy giảm dần và có xu hướng thấp nhất vào lúc 15-16 giờ. Sau đó, nồng độ  $PM_{2.5}$  tăng nhẹ vào giờ cao điểm buổi chiều (17-19 giờ). Sự phát thải từ phương tiện giao thông được xem là nguyên nhân chính dẫn đến sự gia tăng hàm lượng  $PM_{2.5}$  trong không khí vào các giờ cao điểm [11, 20]. Tuy nhiên, nồng độ  $PM_{2.5}$  vào giờ cao điểm buổi chiều nhìn chung thấp hơn so với giờ cao điểm buổi sáng, lý do có thể do sự tác động của các điều kiện khí tượng, ví dụ như độ ẩm, vận tốc gió, nhiệt độ không khí [2, 21].

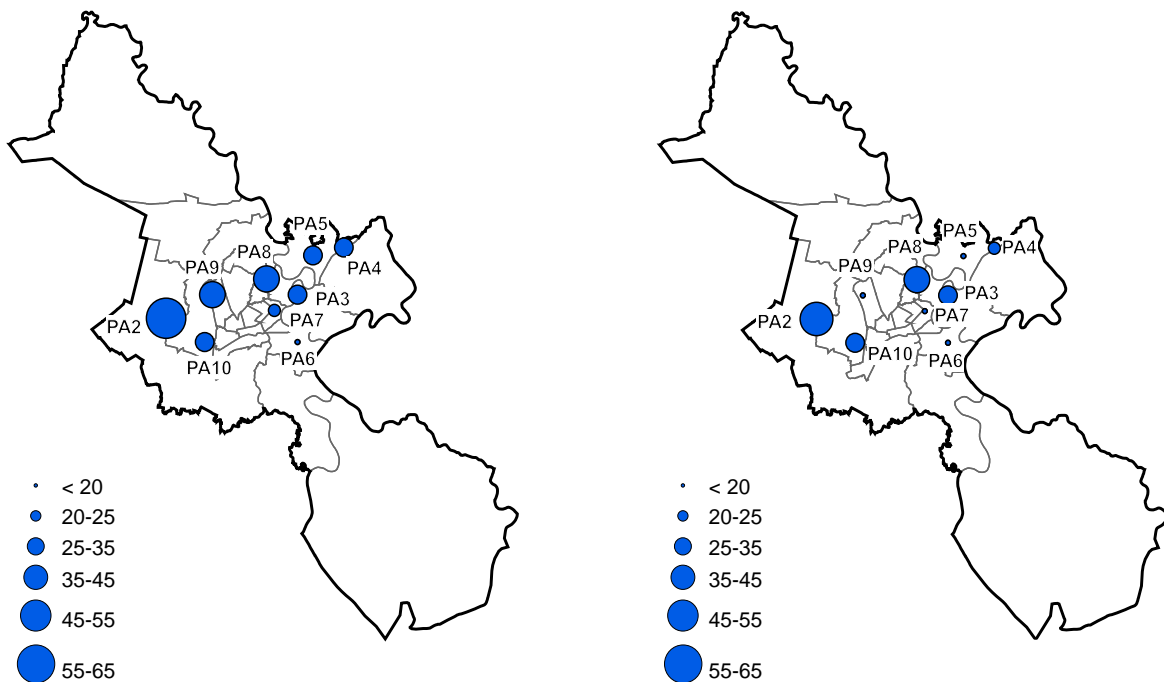
Hình 2d thể hiện diễn biến nồng độ trung bình  $PM_{2.5}$  theo giờ tại từng vị trí quan trắc. Nhìn chung, nồng độ  $PM_{2.5}$  tại vị trí PA1 và PA2 cao hơn khoảng 2,5 lần so với các vị trí còn lại, có thể do các vị trí này gần khu công nghiệp và cửa ngõ của thành phố Hồ Chí Minh nên  $PM_{2.5}$  phát thải từ hoạt động công nghiệp và hoạt động giao thông cao hơn so với các vị trí khác ở khu vực nội thành. Ngoài ra, nồng độ  $PM_{2.5}$  tại vị trí PA2 tăng mạnh sau 18 giờ, điều này có thể do vị trí này gần đường tỉnh lộ nối thành phố Hồ Chí Minh và tỉnh Long An, vì vậy, sự gia tăng  $PM_{2.5}$  tại điểm PA2 có thể do ảnh hưởng các hoạt động giao thông vận tải.

### 3.2. Sự phân bố nồng độ $PM_{2.5}$ theo không gian

Hình 3 thể hiện sự phân bố nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các vị trí quan trắc trong thành phố Hồ Chí Minh. Theo hình 3, nồng độ  $PM_{2.5}$  phân bố theo không gian vào mùa mưa và mùa khô có xu hướng khá giống nhau. Cụ thể là nồng độ  $PM_{2.5}$  cao hơn tại các khu vực gần các trục đường chính có mật độ giao thông dày đặc và gần khu công nghiệp, ví dụ như vị trí PA1 (Trường tiểu học An Phú Tây), PA2 (Vĩnh Lộc), PA8 (Trường THCS Nguyễn Văn Nghi), PA10 (Đường số 1, quận Bình Tân) có nồng độ ô nhiễm không khí từ 22 đến  $46,5 \mu g/m^3$  và cao hơn so với các vị trí còn lại. Bên cạnh đó, nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các vị trí như PA9 (Bùi Xuân Phái), PA3 (Thảo Điền), PA4 (ĐHQG), và PA5 (Linh Chiểu), PA6 (Tân Thuận Đông), và PA7 (Đại học Khoa học xã hội và Nhân văn) có giá trị thấp hơn.

(a) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa khô

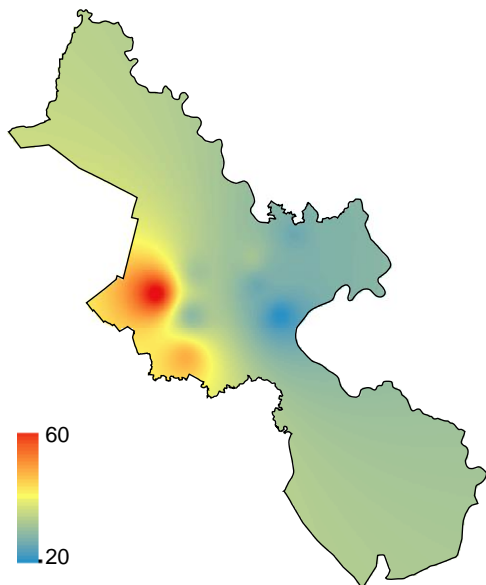
(b) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa mưa



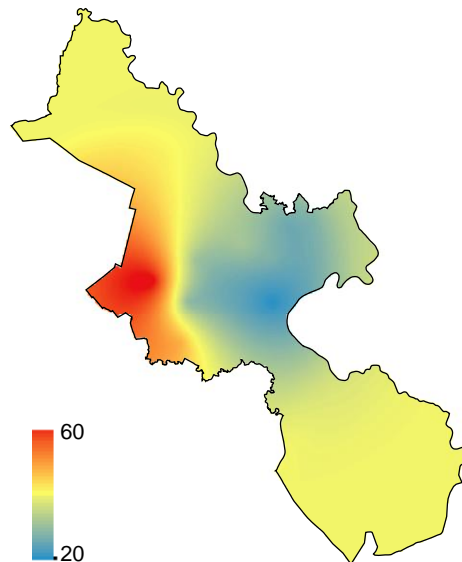
**Hình 3.** Nồng độ trung bình của  $PM_{2.5}$  vào mùa khô và mùa mưa tại các vị trí quan trắc trong thành phố Hồ Chí Minh. Đơn vị:  $\mu g/m^3$ .

Nguyên nhân có thể do những địa điểm này tập trung gần khu dân cư và có mật độ giao thông ít hơn các vị trí còn lại. Ngoài ra, vị trí đặt máy đo  $PM_{2.5}$  cũng có thể ảnh hưởng đến kết quả quan trắc bụi mịn. Tuy nhiên, sự ảnh hưởng của thiết bị đo và vị trí quan trắc không được xem xét và đánh giá trong giới hạn của nghiên cứu này.

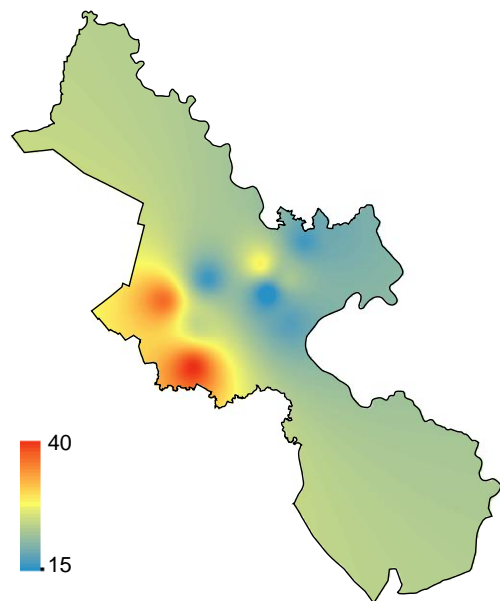
(a) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa khô (IDW)



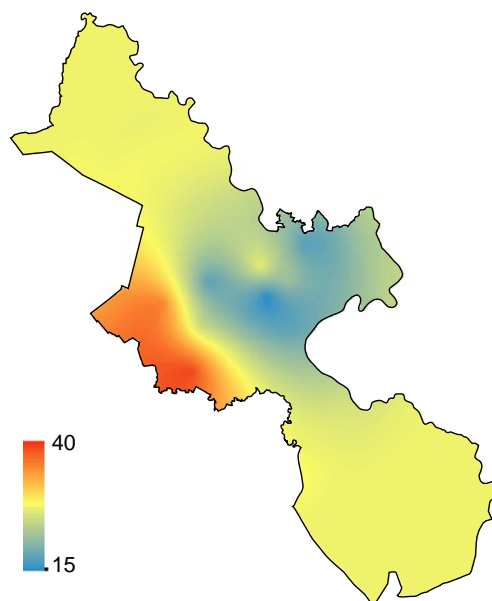
(b) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa khô (Kriging)



(c) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa mưa (IDW)



(d) Nồng độ  $PM_{2.5}$  trong mùa mưa (Kriging)



**Hình 4.** Kết quả nội suy không gian nồng độ  $PM_{2.5}$  vào mùa khô và mùa mưa tại thành phố Hồ Chí Minh. Đơn vị:  $\mu g/m^3$ .

Kết quả nội suy nồng độ  $PM_{2.5}$  bằng phương pháp IDW và Kriging được trình bày trong hình 4. Kết quả cho thấy nồng độ  $PM_{2.5}$  trên toàn thành phố Hồ Chí Minh vào mùa khô cao hơn khoảng 1,5 lần so với mùa mưa. Ngoài ra, kết quả nội suy nồng độ  $PM_{2.5}$  ở khu vực Bình Tân và Bình Chánh cao hơn hẳn so với các khu vực khác của thành phố. Khu vực này có nhiều khu công nghiệp, khu chế xuất và là cửa ngõ phía Tây của thành phố, vì vậy, sự phát thải bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại khu vực này cao hơn do ảnh hưởng của hoạt động giao thông và phát thải công nghiệp. Ngoài ra, nồng độ  $PM_{2.5}$  cao tại khu vực phía Tây Nam thành phố (ví dụ

quận Bình Tân, Bình Chánh) vào mùa khô cũng có thể do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc [21–22] thổi theo hướng Đông Bắc - Tây Nam và góp phần làm tăng nồng độ  $PM_{2.5}$  tại khu vực phía Tây Nam [21].

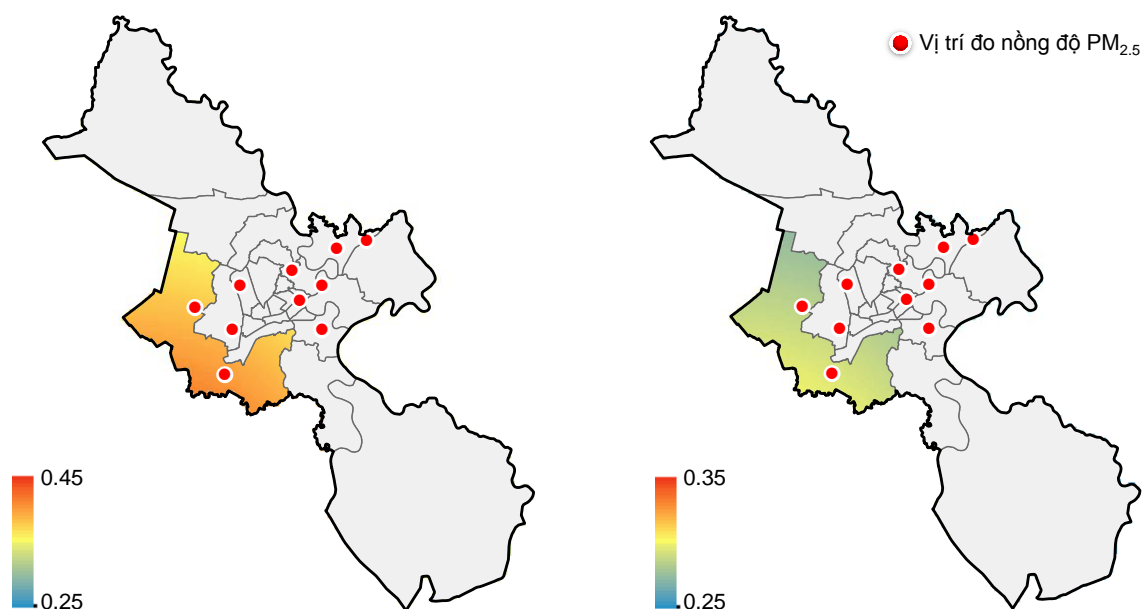
Bên cạnh đó, sự khác biệt trong kết quả nội suy nồng độ  $PM_{2.5}$  giữa 2 phương pháp IDW và Kriging có thể do cách tính nồng độ tại các điểm chưa biết khác nhau. Cụ thể hơn, phương pháp nội suy IDW dự đoán giá trị  $PM_{2.5}$  tại các vị trí không đặt thiết bị quan trắc  $PM_{2.5}$  dựa trên khoảng cách không gian của các vị trí quan trắc và nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các vị trí này. Những vị trí càng gần điểm quan trắc thì có trọng số càng lớn và ngược lại. Đối với phương pháp nội suy Kriging, nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các vị trí không đặt thiết bị quan trắc được dự đoán dựa vào trọng số và các trọng số này không bị ảnh hưởng bởi nồng độ tại các vị trí đo [23–25].

### 3.3. Lựa chọn phương pháp nội suy $PM_{2.5}$ dựa vào giá trị AOD

Để đánh giá sự phân bố nồng độ  $PM_{2.5}$  từ 2 phương pháp nội suy IDW và Kriging, kết quả nội suy từ 2 phương pháp này được so sánh với giá trị AOD trên toàn thành phố Hồ Chí Minh. Nhìn chung, giá trị AOD và nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các vị trí quan trắc  $PM_{2.5}$  có sự tương quan với nhau ( $R^2$ : 0,42-0,55) và điều này cũng đã được trình bày trong các nghiên cứu trước đây [9, 16]. Sự phân bố giá trị AOD trên toàn thành phố Hồ Chí Minh vào mùa khô và mùa mưa được thể hiện trong hình 5. Theo hình này, giá trị AOD cao hơn tại khu vực phía Tây Nam của thành phố (Hình 5a-5b) và kết quả này khá tương đồng với sự phân bố không gian của nồng độ  $PM_{2.5}$ . Ngoài ra, giá trị AOD tại khu vực ngoại thành như huyện Nhà Bè và huyện Hóc Môn cũng khá cao, cho thấy nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các huyện này cũng có thể cao. Tuy nhiên, giá trị AOD giảm dần tại huyện Cần Giờ và huyện Củ Chi, có thể do mật độ và số lượng dân cư tại các khu vực này thấp, do đó sự phát thải chất khí ô nhiễm (ví dụ sol khí) từ hoạt động giao thông và hoạt động dân sinh tại đây cũng thấp, góp phần làm giảm giá trị AOD.

(a) Giá trị AOD trong mùa khô

(b) Giá trị AOD trong mùa mưa



**Hình 5.** Giá trị độ dày quang học sol khí (AOD) vào mùa khô và mùa mưa tại thành phố Hồ Chí Minh.

Kết quả tính toán hệ số tương quan Pearson giữa giá trị AOD và nồng độ  $PM_{2.5}$  trên toàn thành phố Hồ Chí Minh vào mùa khô và mùa mưa được trình bày trong bảng 2. Kết quả cho thấy phương pháp nội suy IDW có hệ số tương quan với giá trị AOD cao hơn so với phương pháp Kriging trong cả mùa khô và mùa mưa. Vì vậy, phương pháp IDW thích hợp hơn khi nội suy dự đoán sự phân bố nồng độ  $PM_{2.5}$  trên toàn thành phố Hồ Chí Minh.

**Bảng 2.** Hệ số tương quan giữa nồng độ PM<sub>2.5</sub> và giá trị AOD.

	Mùa khô			Mùa mưa		
	AOD	PM <sub>2.5</sub> (IDW)	PM <sub>2.5</sub> (Kriging)	AOD	PM <sub>2.5</sub> (IDW)	PM <sub>2.5</sub> (Kriging)
AOD	1,0	0,40	0,16	1,0	0,49	0,28
PM <sub>2.5</sub> (IDW)	0,40	1,0	0,86	0,50	1,0	0,88
PM <sub>2.5</sub> (Kriging)	0,16	0,86	1,0	0,28	0,88	1,0

#### 4. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy tại thành phố Hồ Chí Minh, nồng độ PM<sub>2.5</sub> trung bình vào mùa khô cao hơn mùa mưa. Ngoài ra, do ảnh hưởng từ hoạt động giao thông vận tải, nồng độ PM<sub>2.5</sub> đạt cao nhất vào giờ cao điểm buổi sáng (ví dụ 7-8 giờ) và buổi chiều (ví dụ 17-19 giờ). Về sự phân bố không gian, giá trị PM<sub>2.5</sub> cao hơn ở khu vực phía Tây Nam của thành phố, có thể do ảnh hưởng của hoạt động giao thông vận tải và phát thải công nghiệp. Bên cạnh đó, dựa vào kết quả phân tích tương quan với giá trị độ dày quang học sol khí (AOD), nghiên cứu này cũng cho thấy phương pháp IDW thích hợp hơn so với phương pháp Kriging khi nội suy nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại thành phố Hồ Chí Minh.

Nghiên cứu này bước đầu sử dụng giá trị AOD để hỗ trợ luận giải kết quả nội suy AOD. Hạn chế của nghiên cứu là thời gian nghiên cứu khá ngắn và vị trí đo nồng độ PM<sub>2.5</sub> chủ yếu tập trung tại khu vực nội thành, vì vậy các nghiên cứu tiếp theo có thể đánh giá nồng độ PM<sub>2.5</sub> trong giai đoạn thời gian dài hơn và tại nhiều điểm quan trắc hơn nhằm đánh giá toàn diện hơn nữa sự phân bố nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub> tại thành phố Hồ Chí Minh. Ngoài ra, các hướng nghiên cứu tiếp theo có thể ứng dụng sâu hơn giá trị AOD để dự đoán nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại thành phố Hồ Chí Minh.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu, Thu thập dữ liệu, Xử lý số liệu, Viết bản thảo bài báo, Chỉnh sửa bài báo: N.T.H.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào nguồn dữ liệu PM<sub>2.5</sub> quan trắc tại thành phố Hồ Chí Minh cung cấp bởi PAM Air và nguồn dữ liệu độ dày quang học Sol khí (AOD) cung cấp bởi cổng thông tin Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu Khoa học Trái đất Goddard (GES DIS, NASA).

**Lời cam đoan:** Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích.

#### Tài liệu tham khảo

1. DONRE. Report of the environmental status of Ho Chi Minh city. Department of Natural Resources and Environment (DONRE), Ho Chi Minh city, 2021.
2. Hien, T.T.; Chi, N.D.T.; Nguyen, N.T.; Vinh, L.X.; Takenaka, N.; Huy, D.H. Current status of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in Vietnam's most populous city, Ho Chi Minh City. *Aerosol Air Qual. Res.* **2019**, *19*, 2239–2251.
3. Le, T.G.; Ngo, L.; Mehta, S.; Do, V.D.; Thach, T.Q.; Vu, X.D.; Nguyen, D.T.; Cohen, A. Effects of short-term exposure to air pollution on hospital admissions of young children for acute lower respiratory infections in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Res. Rep. Health Eff. Inst.* **2012**, 5–72.
4. Toriyama, K.; Fukae, K.; Suda, Y.; Kiyose, T.; Oda, T.; Fujii, Y.; Chi, N.D.T.; Huy, D.H.; Hien, T.T.; Takenaka, N. NO<sub>2</sub> and HONO concentrations measured with filter pack sampling and high HONO/NO<sub>2</sub> ratio in Ho Chi Minh city, Vietnam. *Atmos. Environ.* **2019**, *214*, 116865.



5. Adgate, J.L.; Mongin, S.J.; Pratt, G.C.; Zhang, J.; Field, M.P.; Ramachandran, G.; Sexton, K. Relationships between personal, indoor, and outdoor exposures to trace elements in PM<sub>2.5</sub>. *Sci. Total Environ.* **2007**, 386, 21–32.
6. Xing, Y.F.; Xu, Y.H.; Shi, M.H.; Lian, Y.X. The impact of PM<sub>2.5</sub> on the human respiratory system. *J. Thorac. Dis.* **2016**, 8, E69–E74.
7. Ngọc, L.T.; Duyên, N.C.M.; Phong, N.H.; Long, B.T. Đánh giá các tác động sức khỏe cộng đồng do phơi nhiễm ngắn hạn ô nhiễm PM<sub>2.5</sub>: Nghiên cứu điển hình tại tỉnh Bình Dương. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2023**, 746, 70–87.
8. Châu, N.T.N.; Liên, Đ.T.A.; Phong, N.H.; Long, B.T. Đánh giá hiện trạng phân bố và sự biến động theo mùa mức độ ô nhiễm PM<sub>2.5</sub> tại vùng Tứ Giác Long Xuyên, Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 736(1), 54–74.
9. Đông, N.H.; Phong, D.H. Mối quan hệ thực nghiệm giữa PM<sub>2.5</sub> và độ sâu quang học aerosol AOD ở khu vực nội thành Hà Nội. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 718, 22–31.
10. Trinh, T.T.; Nguyen, T.D.H.; Nguyen, T.A.T.; Trinh, T.T. Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng nghịch nhiệt đến hàm lượng bụi mịn PM<sub>2.5</sub> trong môi trường không khí tại Hà Nội. *Tạp chí Khoa học ĐHQG Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2018**, 34, 1–9.
11. Ho, Q.B.; Vu, H.N.K.; Nguyen, T.T.; Nguyen, T.T.H.; Nguyen, T.T.T. A combination of bottom-up and top-down approaches for calculating of air emission for developing countries: a case of Ho Chi Minh City, Vietnam. *Air Qual. Atmos. Health* **2019**, 12, 1059–1072.
12. Nguyen, T.T.Q.; Takeuchi, W.; Misra, P.; Hayashida, S. Technical note: Emission mapping of key sectors in Ho Chi Minh City, Vietnam, using satellite-derived urban land use data. *Atmos. Chem. Phys.* **2021**, 21, 2795–2818.
13. Ho, B.Q.; Vu, K.H.N.; Nguyen, T.T.; Nguyen, H.T.T.; Ho, D.M.; Nguyen, H.N.; Nguyen, T.T.T. Study loading capacities of air pollutant emissions for developing countries: A case of Ho Chi Minh City, Vietnam. *Sci. Rep.* **2020**, 10, 5827.
14. Huy, D.H.; Hien, T.T.; Takenaka, N. Influence of urban outflow on water-soluble ions in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles at a suburban Ho Chi Minh City site, Vietnam. *Atmos. Res.* **2022**, 272, 106144.
15. Luong, L.T.M.; Dang, T.N.; Thanh Huong, N.T.; Phung, D.; Tran, L.K.; Dung, D.V.; Thai, P.K. Particulate air pollution in Ho Chi Minh city and risk of hospital admission for acute lower respiratory infection (ALRI) among young children. *Environ. Pollut.* **2020**, 257, 113424.
16. Luong, N.D.; Hieu, B.T.; Hiep, N.H. Contrasting seasonal pattern between ground-based PM<sub>2.5</sub> and MODIS satellite-based aerosol optical depth (AOD) at an urban site in Hanoi, Vietnam. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2022**, 29, 41971–41982.
17. Ma, Y.; Xin, J.; Zhang, W.; Liu, Z.; Ma, Y.; Kong, L.; Wang, Y.; Deng, Y.; Lin, S.; He, Z. Long-term variations of the PM<sub>2.5</sub> concentration identified by MODIS in the tropical rain forest, Southeast Asia. *Atmos. Res.* **2019**, 219, 140–152.
18. Trà, T.Q.; Hiếu, N.P.; Khôi, Đ.N. Đánh giá sự phân bố nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> tại khu vực TP. HCM bằng công nghệ viễn thám—một số kết quả ban đầu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 721, 80–91.
19. Ho, B.Q. Modeling PM<sub>10</sub> in Ho Chi Minh City, Vietnam and evaluation of its impact on human health. *Sustain. Environ. Res.* **2017**, 27, 95–102.
20. Ho, B.Q.; Vu, H.N.K.; Nguyen, T.T.T.; Nguyen, T.T.; Nguyen, T.T.H.; Khoa, N.T.D.; Phu, V.L. Photochemical modeling of PM<sub>2.5</sub> and design measures for PM<sub>2.5</sub> reduction: A case of Ho Chi Minh City, Vietnam. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2021**, 652, 012025.

21. Nguyen, T.N.T.; Du, N.X.; Hoa, N.T. Emission Source Areas of Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Atmosphere* **2023**, *14*, 579.
22. Phan, C.C.; Nguyen, T.Q.H.; Nguyen, M.K.; Park, K.H.; Bae, G.N.; Seung-bok, L.; Bach, Q.V. Aerosol mass and major composition characterization of ambient air in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2020**, *17*, 3189–3198.
23. Arun, P.V. A comparative analysis of different DEM interpolation methods. *Egypt. J. Remote. Sens. Space Sci.* **2013**, *16*, 133–139.
24. Gong, G.; Mattevada, S.; O'Bryant, S.E. Comparison of the accuracy of kriging and IDW interpolations in estimating groundwater arsenic concentrations in Texas. *Environ. Res.* **2014**, *130*, 59–69.
25. Harman, B.I.; Koseoglu, H.; Yigit, C.O. Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Appl. Acoust.* **2016**, *112*, 147–157.

## Concentration evaluation of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in Ho Chi Minh City in 2021

Nguyen Thi Hoa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Environment, Saigon University; nthoa@sgu.edu.vn

**Abstract:** In this study, concentrations of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) over Ho Chi Minh City in 2021 were evaluated. Spatial interpolation, including inverse distance weighting (IDW) and Kriging methods, were also performed to understand the distribution of PM<sub>2.5</sub> concentrations over the city. Added to this, the spatial distribution of aerosol optical thickness (AOD) in Ho Chi Minh City were considered to support a selection the most appropriate interpolation method of PM<sub>2.5</sub>. As a result, regarding the temporal variation, the dry season showed a higher PM<sub>2.5</sub> concentrations compared to the rainy season. Additionally, the PM<sub>2.5</sub> concentrations reached the highest values in the morning and afternoon rush hours, which are 7 am to 8 am and 5 pm to 7 pm, respectively. For the spatial distribution, PM<sub>2.5</sub> values were mostly higher in the southwest area of Ho Chi Minh City, possibly due to the influence of transportation activities and industrial emissions. Moreover, based on the correlation analysis between AOD values and spatial interpolation results, this study revealed that the IDW interpolation method is suitable for interpolating PM<sub>2.5</sub> concentrations over Ho Chi Minh City.

**Keywords:** PM<sub>2.5</sub>; Low-cost sensor; AOD; Aerosol; Ho Chi Minh City.