

EVALUATION OF VARIATION AND INFLUENCE OF SELECTED METEOROLOGICAL FACTORS ON PM_{2.5} CONCENTRATIONS IN A SUBURBAN SITE OF HANOI

Pham Chau Thuy

VNU - University of Engineering and Technology

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	11/5/2023	This study employed a new low-cost optical sensor to assess the real-time variation of PM _{2.5} concentrations from December 2017 to March 2018 at a mixed site in Vietnam National University of Agriculture campus, Trau Quy, Gia Lam, Hanoi. We applied the multivariate linear regression method to assess the impact of meteorological factors on the temporal variations of PM _{2.5} concentrations. The results demonstrated a decreasing trend in PM _{2.5} concentrations from December 2017 to March 2018, with monthly average concentrations of 45.6 µg/m ³ , 44.8 µg/m ³ , 44.7 µg/m ³ , and 20.5 µg/m ³ , respectively. In the four months, 77 out of 97 days exceeded the WHO standards, and 28 out of 97 days surpassed the QCVN-05/2013 standards. PM _{2.5} concentrations tended to be higher at night time compared to daytime. Rainfall and temperature displayed a linear inverse relationship with PM _{2.5} concentrations, with regression coefficients of 4.058 and 1.455, respectively. On the other hand, humidity exhibited a linear proportional relationship with a regression coefficient of 0.361. Collectively, these three factors accounted for only approximately 12.7% of the causes for the variations in PM _{2.5} concentrations in the air. The study provides valuable information to help managers have a more general view of controlling PM _{2.5} concentrations in the atmospheric environment.
Revised:	13/6/2023	
Published:	13/6/2023	
KEYWORDS		
PM _{2.5}		
Air temperature		
Moisture		
Rainfall		
Linear regression		

ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG ĐẾN NỒNG ĐỘ BỤI PM_{2.5} TẠI MỘT ĐIỂM VEN ĐÔ HÀ NỘI

Phạm Châu Thuỳ

Trường Đại học Công nghệ - ĐH Quốc gia Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	11/5/2023	Nghiên cứu sử dụng cảm biến quang học chi phí thấp thể hệ mới nhằm đánh giá diễn biến nồng độ bụi PM _{2.5} theo thời gian thực từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018 tại một điểm hỗn hợp thuộc khu vực giảng đường của Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Trâu Quy, Gia Lâm, Hà Nội, và sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng tới nồng độ bụi. Kết quả cho thấy nồng độ bụi PM _{2.5} có xu hướng giảm dần từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018 với nồng độ bụi trung bình tháng lần lượt là 45,6 µg/m ³ , 44,8 µg/m ³ , 44,7 µg/m ³ và 20,5 µg/m ³ . Trong 4 tháng, có tới 77/97 ngày có nồng độ bụi PM _{2.5} vượt quá Tiêu chuẩn WHO và 28/97 ngày vượt quá QCVN-05/2013. Nồng độ bụi PM _{2.5} có xu hướng ban đêm cao hơn ban ngày. Lượng mưa và nhiệt độ có ảnh hưởng tuyến tính tỉ lệ nghịch tới nồng độ bụi PM _{2.5} với hệ số hồi quy là 4,058 và 1,455, trong đó độ ẩm ảnh hưởng tuyến tính tỉ lệ thuận với hệ số hồi quy là 0,361. Xét tổng thể 3 yếu tố này chỉ giải thích khoảng 12,7% nguyên nhân gây ra sự thay đổi của nồng độ bụi PM _{2.5} trong không khí. Nghiên cứu cung cấp những thông tin hữu ích giúp các nhà quản lý có cách nhìn tổng quát hơn trong việc kiểm soát bụi PM _{2.5} trong môi trường không khí.
Ngày hoàn thiện:	13/6/2023	
Ngày đăng:	13/6/2023	
TỪ KHÓA		
Bụi PM _{2.5}		
Nhiệt độ		
Độ ẩm		
Lượng mưa		
Hồi quy tuyến tính		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7913>

Email: thuypc@vnu.edu.vn

<http://jst.tnu.edu.vn>

262

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Ô nhiễm không khí vẫn ở mức báo động ở nhiều nơi trên thế giới, đặc biệt tại các khu vực của châu Á. Trong số 7 triệu ca tử vong sớm trên thế giới mỗi năm do ô nhiễm không khí trong nhà và xung quanh (ngoài trời), có khoảng 1/3, tức 2,2 triệu ca tử vong tại Khu vực Tây Thái Bình Dương, nơi sinh sống của một phần tư dân số thế giới [1]. Tại Việt Nam, Hà Nội thường xuyên phải hứng chịu những đợt ô nhiễm không khí nặng nề vào mùa đông, gây lo ngại về sức khỏe cho 7,5 triệu người dân sinh sống tại đây [2].

Bụi trong không khí là tập hợp các hạt có nguồn gốc, thành phần và kích thước khác nhau. Trong nhiều thập kỷ qua, các nhà nghiên cứu tìm ra rằng, các hạt bụi nhỏ hơn có nguy cơ cao hơn đối với sức khỏe con người. Đặc biệt là các hạt bụi mịn (những hạt có đường kính khí động học bằng hoặc nhỏ hơn $2,5\text{ }\mu\text{m}$ -PM_{2.5}) có thể xâm nhập sâu nhất vào hệ hô hấp như phổi và gây các ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của con người bởi các thành phần hóa học khác nhau nằm trong bụi [3] – [7]. Các tiêu chuẩn chất lượng môi trường về nồng độ bụi trong không khí đã được thiết lập cho các môi trường không khí xung quanh, không khí trong nhà và khí thải công nghiệp, trong đó WHO kêu gọi các quốc gia giảm mức độ ô nhiễm không khí trung bình hàng năm xuống $20\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ đối với PM₁₀ và $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ đối với PM_{2.5} [8]. Các quốc gia đang thực hiện các biện pháp nhằm giảm ô nhiễm không khí từ bụi. Trong đó, mức phơi nhiễm trung bình hàng năm với PM_{2.5} ở Trung Quốc là $48,8\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ vào năm 2016 - giảm 17% so với ước tính năm 2012, nhưng vẫn cao hơn gần 5 lần so với khuyến nghị của WHO.

Nồng độ bụi trong không khí bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, trong đó các yếu tố khí tượng là những yếu tố khó có thể kiểm soát. Đã có một số nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng đến nồng độ bụi mịn PM_{2.5} trong không khí [9] – [11]. Nakayama và cộng sự cho rằng nồng độ PM_{2.5} tăng khi độ ẩm tăng do tăng khả năng ngưng tụ của các hạt bụi dưới độ ẩm cao và tăng tốc độ chuyển đổi các chất khí thành các hạt [12]. Nhiệt độ không khí tăng do bức xạ mặt trời tăng, dẫn đến khả năng khuếch tán các chất ô nhiễm trong không khí tốt hơn, làm giảm nồng độ bụi trong không khí [13]. Nghiên cứu của tác giả Hải và Oanh sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính cho thấy tốc độ gió là yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ bụi PM_{2.5} theo ngày. Qua đợt khảo sát nồng độ bụi từ tháng 10/2003 đến tháng 04/2004 tại một điểm ở Hà Nội cho thấy, chế độ gió mùa, đặc biệt những đợt gió mùa đông bắc cùng hiện tượng nghịch nhiệt vào mùa đông cũng là những yếu tố khiến nồng độ bụi PM_{2.5} tăng cao [10]. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, tại thời điểm xảy ra hiện tượng nghịch đảo nhiệt do bức xạ, nồng độ bụi ban đêm cao gấp 2 lần so với nồng độ bụi ban ngày. Gần đây nhất, tác giả Lý và cộng sự khảo sát nồng độ bụi sử dụng cảm biến chi phí thấp tại 3 điểm khác nhau cũng cho thấy sự đóng góp đáng kể của các yếu tố khí tượng và vận chuyển từ xa từ phía Bắc và Đông Bắc đối với các mức nồng độ bụi khác nhau. Nghiên cứu cho thấy kết quả nồng độ bụi tại 3 điểm có một số điểm tương đồng đáng kể, trong đó, tốc độ gió và nhiệt độ là những yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ bụi tại cả 3 điểm nghiên cứu [2].

Học viện Nông nghiệp Việt Nam (VNUA) nằm tại Thị trấn Trâu Quỳ, huyện Gia Lâm, thành phố Hà Nội, cách trung tâm Hà Nội 12 km. Học viện cũng nằm trong khu vực là nơi chịu ảnh hưởng của hỗn hợp nhiều nguồn phát sinh bụi như giao thông, dân sinh, giao thông đi lại trong khuôn viên Học viện do hoạt động dạy và học thường xuyên của cán bộ và sinh viên. Tuy nhiên, thông tin về nồng độ bụi PM_{2.5} tại khu vực này còn hạn chế. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm bụi PM_{2.5} ảnh hưởng tới cán bộ và sinh viên tại khu vực giảng đường của Học viện nằm ở ven đô của Hà Nội là rất cần thiết. Nghiên cứu này sử dụng cảm biến quang học thế hệ mới (new palm-sized optical PM_{2.5} sensor) để xác định mức độ bụi PM_{2.5}, diễn biến nồng độ bụi theo thời gian thực và mối quan hệ giữa nồng độ bụi với một số yếu tố khí tượng tại một điểm hỗn hợp nằm tại khu vực giảng đường của Học viện Nông nghiệp Việt Nam tại Trâu Quỳ, Gia Lâm, Hà Nội trong khoảng thời gian 4 tháng, từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp quan trắc nồng độ bụi PM_{2.5}

Nồng độ bụi PM_{2.5} được xác định sử dụng cảm biến quang học cỡ nhỏ Panasonic (A new palm-sized optical PM_{2.5} sensor) được phát triển và sản xuất tại Nhật Bản. Hộp cảm biến cho phép phát hiện sự tán xạ ánh sáng từ các hạt bụi, ước tính kích thước hạt từ cường độ của tín hiệu tán xạ ánh sáng từ hạt bụi đó, sau đó quy ra nồng độ khối lượng PM_{2.5}. Cảm biến có thể phát hiện các hạt bụi có đường kính nhỏ tới ~0,3 μm và đo được mức nồng độ bụi lên tới 600 μg/m³. Cảm biến được phát triển và đánh giá độ chính xác với hệ số độ dốc và hệ số tương quan rất tốt và có thể ứng dụng trong xác định nồng độ khối lượng bụi trong môi trường [12]. Hộp cảm biến được đặt tại ban công tầng 2 của bộ môn Công nghệ Môi trường, giảng đường khoa Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Cảm biến đo nồng độ bụi PM_{2.5} hiển thị số liệu 10 giây 1 lần, đo 24/24h, liên tục trong 4 tháng (từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018).

Cảm biến nhiệt độ (Thermo Recorder) đo 2 yếu tố khí tượng là: nhiệt độ và độ ẩm. Cảm biến đo nhiệt độ và độ ẩm phát hiện với tốc độ 1 phút 1 lần, đo 24/24h, được đo đồng thời và đặt cùng vị trí với cảm biến đo nồng độ bụi. Giá trị lượng mưa được trích xuất từ trung tâm khí tượng thủy văn Hưng Yên.

2.2. Phương pháp hồi quy tuyến tính

Để đánh giá được mức độ ảnh hưởng của mỗi yếu tố môi trường tới nồng độ PM_{2.5}, nghiên cứu sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến và hồi quy tuyến tính đa biến để đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời của nhiều yếu tố đến nồng độ PM_{2.5}. Từ đó tìm ra được yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng tới nồng độ bụi này.

Phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến biểu diễn sự tương quan giữa 2 biến x và y bằng hàm số $y = f(x)$ có dạng: $f(x) = ax + b$. Với tập giá trị x_i và y_i ($i = 1, \dots, n$) cho trước, các hệ số a, b được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu, tức là tìm các hệ số a và b sao cho giá trị X^2 phải có giá trị cực tiểu trong đó X^2 được xác định bằng công thức:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2 \quad (1)$$

Trị số R^2 (hệ số xác định bội) được sử dụng để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến đối với việc biểu diễn tương quan giữa 2 biến x và y. Trị số R^2 được tính theo công thức:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

R^2 có giá trị từ 0 đến 1. Giá trị R^2 càng cao là dấu hiệu cho thấy mối liên hệ giữa hai biến số càng chặt chẽ. Phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến định lượng mức độ ảnh hưởng của các yếu tố môi trường có ảnh hưởng tới nồng độ bụi PM_{2.5}. Trong đó, nồng độ bụi PM_{2.5} là biến phụ thuộc y; các yếu tố ảnh hưởng là biến độc lập $x_1, x_2, x_3, \dots$. Hàm số có dạng:

$$f(x) = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + b \quad (3)$$

Ở đây hệ số a_i được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu đối với X^2 trong đó X^2 được xác định bằng công thức:

$$X^2 = \sum_{k=1}^n (y_i - \sum_{i=0}^m a_i x_i - b)^2 \quad (4)$$

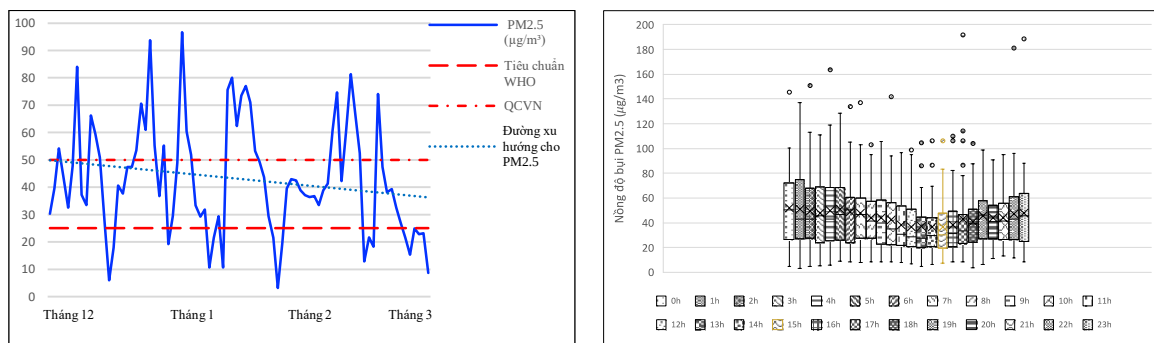
2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu quan trắc, thu thập được tổng hợp và xử lý bằng phần mềm Excel, phương pháp thống kê mô tả.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Diễn biến nồng độ $PM_{2.5}$ theo thời gian tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Kết quả quan trắc nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trung bình ngày trong 4 tháng quan sát được thể hiện ở Hình 1a. Kết quả cho thấy nồng độ $PM_{2.5}$ biến động với biên độ lớn, dao động không đều giữa các ngày trong tháng. Chúng có xu hướng giảm dần từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018. Nồng độ bụi trung bình tháng 12 là $45,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tháng 1 là $44,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tháng 2 là $44,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ và tháng 3 là $20,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nồng độ $PM_{2.5}$ cao nhất lên tới $96,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ trong ngày 2 tháng 1 và thấp nhất là $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ngày 28 tháng 1. Trong 4 tháng, có tới 77/97 ngày (79,4% thời gian) có nồng độ bụi $PM_{2.5}$ vượt quá Tiêu chuẩn WHO ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) và 28/97 ngày (28,9% thời gian) vượt quá Quy chuẩn Việt Nam (QCVN05/2013) [14]. Có ngày nồng độ bụi tăng cao gấp gần 4 lần Tiêu chuẩn WHO và gấp gần 2 lần QCVN. Như vậy nồng độ $PM_{2.5}$ tại khu vực Học viện Nông nghiệp Việt Nam thường xuyên ở mức ảnh hưởng tới sức khỏe con người, ảnh hưởng tới sức khỏe của sinh viên cũng như giảng viên đang học tập và làm việc tại Học viện.



(a)

(b)

Hình 1. Diễn biến nồng độ bụi $PM_{2.5}$ theo ngày trong 4 tháng quan sát (a) và theo giờ trong ngày của 4 tháng quan sát (b)

Chú thích: Trong Hình 1b, dấu “x” trong mỗi thanh là giá trị trung bình của mỗi giờ, dấu “_” là trung vị, các thanh hình chữ nhật là tập hợp 50% các số liệu bụi có tần số xuất hiện nhiều nhất xung quanh giá trị trung bình mỗi giờ; Các đường thẳng mảnh cùng màu với mỗi thanh là biên độ dao động của nồng độ $PM_{2.5}$ mỗi giờ. Các chấm tròn là số liệu $PM_{2.5}$ đột biến của mỗi giờ, với số lần quan sát là dưới 5 lần.

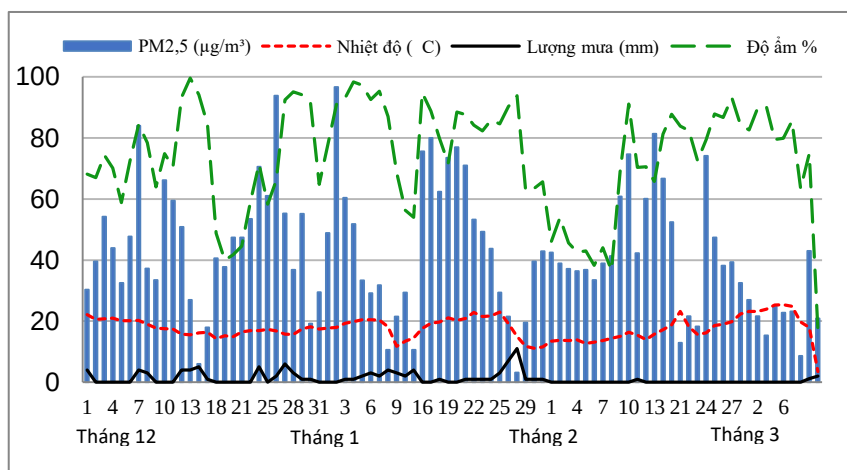
Nghiên cứu phân tích số liệu trong 4 tháng quan sát nhằm đánh giá sự thay đổi của nồng độ bụi $PM_{2.5}$ theo giờ trong ngày, kết quả được thể hiện trong Hình 1b. Qua phân tích trên ta thấy, nồng độ $PM_{2.5}$ trong ngày thay đổi theo từng giờ, xu hướng các nồng độ bụi tại các giờ ban đêm (6 giờ tối hôm trước đến 6 giờ sáng hôm sau) cao hơn ban ngày (6 giờ sáng đến 6 giờ tối). Nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trung bình cao nhất vào khoảng giữa đêm đến lúc gần sáng (1 đến 5 giờ sáng), sau đó giảm dần và thấp nhất vào lúc 1 đến 3 giờ chiều; rồi lại tăng dần lên đến đêm. Thời điểm $PM_{2.5}$ thấp nhất là $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lúc 12 giờ trưa và 1 giờ chiều ngày 8 tháng 1. Đồng thời, biên độ dao động nồng độ $PM_{2.5}$ vào ban đêm cũng cao hơn ban ngày, biên độ rộng nhất và có tập hợp các giá trị $PM_{2.5}$ cao nhất là lúc 3 giờ sáng (từ khoảng $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$), biên độ hẹp nhất và có tập hợp các giá trị $PM_{2.5}$ thấp nhất là lúc 2 giờ chiều (từ khoảng $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Hai bên số trung vị không đều cho nhau, số trung vị bị lệch xuống dưới, điều đó thể hiện sự phân bố nồng độ $PM_{2.5}$ tập trung dày hơn ở phần dưới của trung vị (mức nồng độ $PM_{2.5}$ thấp) và phân bố rải rác ở phần trên của trung vị (mức nồng độ $PM_{2.5}$ cao).

Khi quan sát diễn biến nồng độ $PM_{2.5}$ theo từng tháng cho thấy, tháng 12 năm 2017 có nồng độ bụi ban đêm cao hơn ban ngày nhiều nhất, gấp khoảng 1,5 lần so với ban ngày; thời điểm có nồng độ bụi trung bình giờ cao nhất là lúc 0-1h. Tháng 1 năm 2018 nhìn chung nồng độ bụi ban đêm vẫn có xu hướng cao hơn ban ngày nhưng độ chênh lệch ngày-đêm đã giảm đi và thời điểm có nồng độ bụi trung bình giờ cao nhất lại là 5-6h sáng. Độ chênh lệch về nồng độ bụi ngày đêm

đã giảm đi rất nhiều vào các tháng tiếp theo, tháng 2 và tháng 3. Kết quả này có thể liên quan đến sự thay đổi nhiệt độ ngày đêm trong các tháng quan sát và các hiện tượng thời tiết như gió mùa, nghịch đảo nhiệt. Quan sát sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm theo tháng cho thấy, nhiệt độ trung bình giảm dần từ tháng 12 đến tháng 3, trong khi độ ẩm tăng dần. Kết quả này phù hợp với kết quả của các nghiên cứu trước đây: nồng độ bụi giảm khi nhiệt độ tăng do tăng khả năng khuếch tán của bụi trong không khí [13]. Như vậy, nhìn khái quát dòng thời gian cho thấy, nồng độ bụi $PM_{2.5}$ ban đêm giảm dần theo thời gian và ban ngày tăng dần theo thời gian trong khoảng thời gian nghiên cứu từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả của Hien và cộng sự [11] quan sát nồng độ bụi PM_{10} tại một điểm ở Hà Nội từ tháng 12 năm 2003 đến tháng 01 năm 2004; kết quả cho thấy, nồng độ bụi PM_{10} cao nhất vào tháng 12, vào nồng độ bụi ban đêm cao hơn ban ngày do hiện tượng nghịch đảo nhiệt do bức xạ vào mùa đông. Nghiên cứu cho thấy nồng độ bụi ban đêm cao gấp 2 lần so với ban ngày vào thời điểm nghịch đảo nhiệt do bức xạ [11]. Như vậy, xu hướng diễn biến nồng độ bụi $PM_{2.5}$ theo giờ gian và thay đổi nồng độ theo ngày đêm trong nghiên cứu này cũng tương đồng so với kết quả của các nghiên cứu trước đây.

3.2. Diễn biến của các yếu tố khí tượng và nồng độ bụi $PM_{2.5}$ tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam trong thời gian quan sát

Diễn biến theo ngày trong toàn bộ thời gian quan sát của nồng độ bụi $PM_{2.5}$ và các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa được thể hiện ở Hình 2. Các giá trị biểu diễn trên Hình 2 là giá trị trung bình ngày trong thời gian quan sát.



Hình 2. Diễn biến nồng độ $PM_{2.5}$ và các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa theo ngày trong 4 tháng quan sát

Số liệu thể hiện trên Hình 2 cho thấy, những ngày có nồng độ bụi $PM_{2.5}$ rất thấp (khoảng dưới $10 \mu g/m^3$) như ngày 14/12, 8/1, 11/1, 28/1 là những ngày có lượng mưa tương đối cao. Ngày 28/1 lượng mưa lên tới 11 mm và nồng độ bụi đạt thấp nhất $3,1 \mu g/m^3$. Nhiệt độ cao nhất rơi vào ngày 5/3, 6/3, 7/3 và nồng độ $PM_{2.5}$ tương ứng cũng thấp, rơi vào khoảng 22 đến $25 \mu g/m^3$. Tuy nhiên sự biến động của nhiệt độ trong khoảng thời gian nghiên cứu không quá cao. Độ ẩm trung bình khoảng $74,8 \pm 17\%$ (Bảng 1).

Nhiệt độ từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018 có xu hướng tăng lên, riêng tháng 2 có nhiệt độ thấp bất thường. Trung bình tháng 12 nhiệt độ là $17,6 \pm 2,1^\circ C$; tháng 1 là $18,1 \pm 3,7^\circ C$; tháng 2 là $16,2 \pm 2,9^\circ C$, tháng 3 là $23,7 \pm 2,0^\circ C$. Nhiệt độ trong các ngày đều thấp hơn vào ban đêm và cao hơn vào ban ngày.

Độ ẩm trong 4 tháng quan sát thay đổi liên tục, từng ngày, không có quy luật. Độ ẩm của mỗi ngày phụ thuộc vào nhiệt độ, lượng mưa và gió mùa. Trung bình tháng 12 độ ẩm là $72,2 \pm 17,0\%$; tháng 1 là $82,1 \pm 13,1\%$; tháng 2 là $67,7 \pm 19,4\%$, tháng 3 là $81,6 \pm 9,1\%$. Độ ẩm có xu

hướng thay đổi ngược với nhiệt độ, cao vào ban đêm và thấp vào ban ngày. Độ ẩm trung bình từ 0 giờ tới 6 giờ khoảng 80%, từ 7 giờ đến 16 giờ độ ẩm giảm dần từ 80% xuống còn khoảng 62%, sau đó độ ẩm tăng dần cho tới giữa đêm. Số liệu trung bình nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa trong thời gian quan sát được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng trung bình nồng độ $PM_{2.5}$ và các yếu tố khí tượng

Tháng	Nồng độ $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	Nhiệt độ ($^{\circ}C$)	Lượng mưa (mm)	Độ ẩm (%)
12/2017	$45,6 \pm 19,3$	$17,6 \pm 2,1$	$1,5 \pm 2,0$	$72,2 \pm 17,0$
01/2018	$44,8 \pm 24,5$	$18,1 \pm 3,7$	$2,0 \pm 2,5$	$82,1 \pm 13,1$
02/2018	$44,7 \pm 17,9$	$16,2 \pm 2,9$	$0,0 \pm 0,0$	$67,7 \pm 19,4$
03/2018	$20,5 \pm 6,4$	$23,7 \pm 2,0$	$0,0 \pm 0,0$	$81,6 \pm 9,1$
Trung bình	$43,0 \pm 20,9$	$17,9 \pm 3,4$	$1,1 \pm 2,0$	$74,8 \pm 17,0$

Phân tích mối tương quan giữa nhiệt độ và độ ẩm với nồng độ bụi ở các mức khác nhau cho thấy: Nồng độ $PM_{2.5}$ ở mức trung bình dưới $25 \mu g/m^3$ có nhiệt độ trung bình ngày ở mức cao hơn đáng kể so với các ngày có mức nồng độ $PM_{2.5}$ cao hơn mức $> 25 \mu g/m^3$. Ngoài ra có thể thấy, những ngày có mức nồng độ $PM_{2.5}$ từ $25-50 \mu g/m^3$ có nhiệt độ trung bình ngày cao hơn những ngày có mức nồng độ $PM_{2.5} > 50 \mu g/m^3$.

Như vậy, thông qua các biểu đồ và các phân tích ở trên cho thấy sự thay đổi của nồng độ bụi $PM_{2.5}$ có thể bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa. Kết quả quan sát trong thời gian từ tháng 12 đến tháng 3 cho thấy, nhiệt độ và lượng mưa ảnh hưởng tỉ lệ nghịch và độ ẩm ảnh hưởng tỉ lệ thuận với nồng độ $PM_{2.5}$. Kết quả này phù hợp với kết quả của các nghiên cứu trước đây, nồng độ bụi tăng khi độ ẩm tăng do tăng khả năng ngưng tụ của các hạt bụi và tăng tỉ lệ chuyển đổi các khí thành hạt trong không khí [12]. Để làm rõ hơn sự phụ thuộc của $PM_{2.5}$ và các yếu tố khí tượng, nghiên cứu xem xét mối quan hệ giữa nồng độ $PM_{2.5}$ và các yếu tố khí tượng bằng phương pháp hồi quy tuyến tính trong phần tiếp theo.

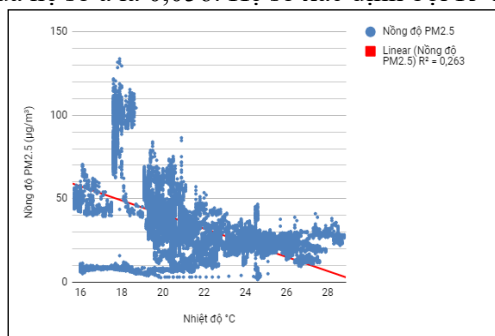
3.3. Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng tới nồng độ $PM_{2.5}$ bằng phương pháp hồi quy tuyến tính

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ

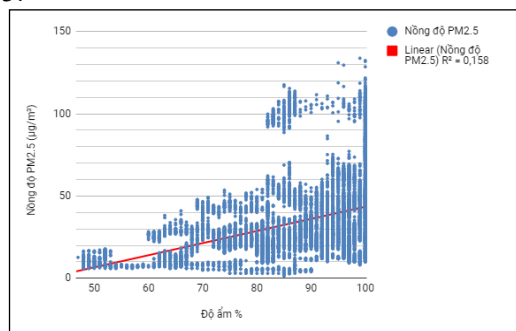
Chọn ngẫu nhiên 2 tuần trong 4 tháng, tính trung bình nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trong mỗi phút liên tục trong 2 tuần đó, nghiên cứu phân tích trên 16089 số liệu; ứng với nó là 16089 số liệu nhiệt độ cùng thời điểm. Áp dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến, với nồng độ $PM_{2.5}$ là biến phụ thuộc y, nhiệt độ là biến độc lập x. Phương trình tuyến tính mối quan hệ giữa nhiệt độ và nồng độ $PM_{2.5}$ được biểu diễn như sau:

$$y = -4,233x + 125,1 \quad (5)$$

Độ tin cậy của phép thống kê này là tuyệt đối 100% với mức ý nghĩa P-value bằng 0. Sai số của hệ số a là 0,056. Hệ số xác định bội R^2 là 0,263.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ không khí và nồng độ $PM_{2.5}$



Hình 4. Biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa độ ẩm và nồng độ $PM_{2.5}$

Kết quả biểu đồ Hình 3 và phương trình tuyến tính (5) cho thấy, nhiệt độ có quan hệ tuyến tính tỉ lệ nghịch với nồng độ $PM_{2.5}$ và hệ số tuyến tính là $-4,233$. Có nghĩa là khi nhiệt độ tăng lên $1^{\circ}C$ thì nồng độ bụi giảm $4,233 \mu g/m^3$ và ngược lại khi nhiệt độ giảm $1^{\circ}C$ thì nồng độ bụi tăng lên $4,233 \mu g/m^3$. Trị số $R^2 = 0,263$ cho thấy nhiệt độ giải thích 26,3% sự thay đổi của nồng độ bụi $PM_{2.5}$. Như vậy nồng độ $PM_{2.5}$ có bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, tuy nhiên sự ảnh hưởng này không quá nhiều, do nồng độ bụi $PM_{2.5}$ có thể còn bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác.

3.3.2. Ảnh hưởng của độ ẩm

Đánh giá ảnh hưởng của độ ẩm tới nồng độ bụi $PM_{2.5}$ cũng sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến tính cho 16089 cặp số liệu bụi và độ ẩm tương ứng. Nồng độ $PM_{2.5}$ là biến phụ thuộc y, độ ẩm là biến độc lập x. Kết quả thu được phương trình tuyến tính giữa độ ẩm và nồng độ $PM_{2.5}$ là:

$$y = 0,737x - 30,208 \quad (6)$$

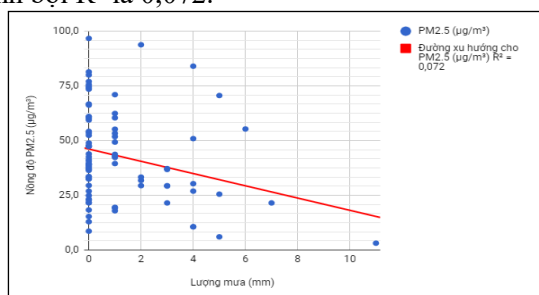
Độ tin cậy của phép thống kê này là tuyệt đối 100% với mức ý nghĩa P-value bằng 0. Sai số của hệ số a là 0,013. Hệ số xác định bội R^2 là 0,158. Biểu đồ Hình 4 và phương trình tuyến tính (6) cho thấy, độ ẩm có quan hệ tuyến tính tỉ lệ thuận với nồng độ $PM_{2.5}$ và hệ số tuyến tính là 0,737. Có nghĩa là khi độ ẩm tăng lên 1% thì nồng độ bụi tăng $0,737 \mu g/m^3$ và ngược lại khi độ ẩm giảm 1% thì nồng độ bụi giảm đi $0,737 \mu g/m^3$. Trị số $R^2 = 0,158$ cho thấy độ ẩm giải thích 15,8% sự thay đổi của nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trong không khí. Vậy độ ẩm có ảnh hưởng tới nồng độ $PM_{2.5}$, tuy mối liên hệ giữa độ ẩm với nồng độ bụi $PM_{2.5}$ không chặt chẽ bằng nhiệt độ nhưng mối liên hệ này có ý nghĩa.

3.3.3. Ảnh hưởng của lượng mưa

Đối với yếu tố lượng mưa, số liệu của nghiên cứu là lượng mưa trung bình ngày, vì vậy nồng độ bụi $PM_{2.5}$ cũng được tính theo trung bình ngày trong 4 tháng. Khi đó phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến chỉ được áp dụng cho 85 cặp số liệu lượng mưa và nồng độ $PM_{2.5}$ tương ứng. Phương trình tuyến tính giữa lượng mưa và nồng độ $PM_{2.5}$ là:

$$y = -2,799x + 46,128 \quad (7)$$

Độ tin cậy của phép thống kê này khá cao với mức ý nghĩa P-value bằng 0,013. Sai số của hệ số a là 1,106. Hệ số xác định bội R^2 là 0,072.



Hình 5. Biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa lượng mưa và nồng độ $PM_{2.5}$

Thông qua biểu đồ Hình 5 và phương trình tuyến tính (7) ta thấy, lượng mưa có quan hệ tuyến tính tỉ lệ nghịch với nồng độ $PM_{2.5}$ và hệ số tuyến tính $\sim -2,8$. Có nghĩa là khi lượng mưa tăng lên 1 mm thì nồng độ bụi giảm đi $2,8 \mu g/m^3$ và ngược lại khi lượng mưa giảm 1 mm thì nồng độ bụi tăng lên $2,8 \mu g/m^3$. Tuy nhiên trị số R^2 lại rất thấp (0,072). Điều đó cho thấy lượng mưa chỉ giải thích 7,2% cho sự thay đổi của nồng độ bụi $PM_{2.5}$. Mối tương quan tuyến tính giữa hai yếu tố này là rất thấp. Vậy lượng mưa cũng ảnh hưởng đến nồng độ $PM_{2.5}$, tuy nhiên mối quan hệ này kém chặt chẽ hơn cả độ ẩm có thể là do số liệu của lượng mưa không được dày như số liệu của độ ẩm và nhiệt độ.

3.3.4. Đánh giá ảnh hưởng tổng hợp các yếu tố tới nồng độ bụi $PM_{2.5}$

Để đánh giá được yếu tố nào là ảnh hưởng lớn nhất đến nồng độ $PM_{2.5}$ ta sử dụng phương pháp hồi quy đa biến. Số liệu đầu vào là số liệu nồng độ $PM_{2.5}$ trung bình ngày của tất cả các ngày và tương ứng là số liệu trung bình ngày của 3 yếu tố khí tượng. Khi đó, các yếu tố khí tượng: nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa lần lượt sẽ là yếu tố độc lập x_1, x_2, x_3 , và nồng độ $PM_{2.5}$ sẽ là biến phụ thuộc y . Phương trình hồi quy tuyến tính thu được là:

$$y = -1,455x_1 + 0,361x_2 - 4,058x_3 + 46,574 \quad (8)$$

Trị số R^2 cùng với sự khác nhau giữa các hệ số hồi quy a thể hiện mức độ ảnh hưởng khác nhau giữa các yếu tố khí tượng. Lượng mưa có mức ảnh hưởng là 4,058, nhiệt độ là 1,455, độ ẩm là 0,361. Độ tin cậy tương đối cao với mức ý nghĩa p-value đều $< 0,01$. Như vậy, kết quả phép hồi quy tuyến tính đa biến cho thấy lượng mưa là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất tới nồng độ $PM_{2.5}$, sau đó đến nhiệt độ và thấp nhất là độ ẩm, trong đó nhiệt độ là yếu tố tương quan thuận và lượng mưa, độ ẩm là yếu tố tương quan nghịch. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả của các nghiên cứu trước đây [15], [16]. Nghiên cứu này cho thấy sự đóng góp của 3 yếu tố nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa giải thích cho 12,7% nguyên nhân gây ra sự thay đổi nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trong không khí. Như vậy các yếu tố khí tượng là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ bụi trong không khí. Tuy nhiên mức ảnh hưởng của 3 yếu tố nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa cũng chỉ đóng góp một phần, ngoài ra các yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến nồng độ bụi như hướng gió, tốc độ gió, bức xạ mặt trời, vận chuyển từ xa, các phản ứng thứ cấp... Vì vậy cần có những nghiên cứu đánh giá tổng thể tỉ lệ đóng góp của các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ bụi trong không khí.

4. Kết luận

Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá diễn biến và ảnh hưởng của một số yếu tố khí tượng đến nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trong không khí xung quanh bằng phương pháp hồi quy tuyến tính tại khu vực giảng đường thuộc Học viện Nông nghiệp Việt Nam, nằm ở vùng ven đô thuộc Trâu Quỳ, Gia Lâm, Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy, diễn biến nồng độ bụi $PM_{2.5}$ tại khu vực nghiên cứu có xu hướng giảm dần từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 3 năm 2018 với nồng độ bụi trung bình tháng 12 là 45,6 $\mu g/m^3$, tháng 1 là 44,8 $\mu g/m^3$, tháng 2 là 44,7 $\mu g/m^3$ và tháng 3 là 20,5 $\mu g/m^3$. Trong 4 tháng, có tới 77/97 ngày có nồng độ bụi $PM_{2.5}$ vượt quá Tiêu chuẩn WHO và 28/97 ngày vượt quá QCVN 05. Trong một ngày nồng độ $PM_{2.5}$ thay đổi theo từng giờ, xu hướng nồng độ bụi các giờ ban đêm cao hơn ban ngày trong thời gian quan sát và chênh lệch nồng độ bụi giữa ngày và đêm giảm dần từ tháng 12 đến tháng 3. Nồng độ bụi $PM_{2.5}$ trung bình cao nhất vào khoảng giữa đêm đến lúc gần sáng (1 đến 5 giờ sáng), sau đó giảm dần và thấp nhất vào lúc 1 đến 3 giờ chiều. Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố khí tượng là lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm có ảnh hưởng tới nồng độ $PM_{2.5}$, trong đó, lượng mưa là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất. Sự ảnh hưởng của lượng mưa và nhiệt độ là tuyến tính tỉ lệ nghịch với hệ số hồi quy lần lượt là 4,058 và 1,455; độ ẩm ảnh hưởng tuyến tính tỉ lệ thuận với hệ số hồi quy là 0,361. Tuy nhiên, 3 yếu tố này chỉ giải thích khoảng 12,7% nguyên nhân gây ra sự thay đổi nồng độ bụi này trong không khí. Các nguyên nhân còn lại cần phải nghiên cứu thêm. Nghiên cứu này cung cấp những thông tin hữu ích về diễn biến nồng độ bụi trong ngày theo giờ và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng tới nồng độ bụi, giúp các nhà quản lý và người dân hiểu được để có các biện pháp phòng tránh, kiểm soát ảnh hưởng của bụi.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn tới GS.TS Tomoki Nakayama, Trường Đại học Nagasaki và GS.TS Kazuhiko Sekiguchi, Trường Đại học Saitama, Nhật Bản đã cung cấp thiết bị cảm biến, thiết bị phụ trợ và hỗ trợ trong quá trình lắp đặt hệ thống theo dõi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] WHO, "One third of global air pollution deaths in Asia Pacific," 2018. [Online]. Available: https://www.who.int/westernpacific/news/item/02-05-2018-one-third-of-global-air-pollution-deaths-in-asia-pacific?fbclid=IwAR38WFmqKDIL6yg2oO7PKDkH3-lsZPBG53vwZn-Xk0uKAqHnjf7eI_T2hTY. [Accessed May 10, 2023].
- [2] B. T. Ly, Y. Matsumi, T. V. Vu, K. Sekiguchi, T. T. Nguyen, C. T. Pham, T. D. Nghiem, I. H. Ngo, Y. Kurotsuchi, T. H. Nguyen, and T. Nakayama, "The effects of meteorological conditions and long-range transport on PM_{2.5} levels in Hanoi revealed from multi-site measurement using compact sensors and machine learning approach," *J. Aerosol Sci.*, vol. 152, November 2021, Art. no. 105716.
- [3] C. A. Pope, M. J. Thun, M. M. Namboodiri, D. W. Dockery, J. S. Evans, F. E. Speizer, and C. W. Heath, "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. Adults," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 151, no. 3I, pp. 669–674, 1995.
- [4] C.A Pope, R.T. Burnett, M.J. Thun, E.E. Calle, D. Krewski, K. Ito, and G.D. Thurston, "Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution," *Am. Med. Assoc.*, vol. 287, no. 9, pp. 249–255, 2002.
- [5] I. Salma, I. Balásházy, R. Winkler-Heil, W. Hofmann, and G. Záray, "Effect of particle mass size distribution on the deposition of aerosols in the human respiratory system," *J. Aerosol Sci.*, vol. 33, no. 1, pp. 119–132, 2002.
- [6] L. M. T. Luong, D. Phung, P. D. Sly, L. Morawska, and P. K. Thai, "The association between particulate air pollution and respiratory admissions among young children in Hanoi, Vietnam," *Sci. Total Environ.*, vol. 578, pp. 249–255, 2017.
- [7] Y. Fujitani, T. Kobayashi, K. Arashidani, N. Kunugita, and K. Suemura, "Measurement of the physical properties of aerosols in a fullerene factory for inhalation exposure assessment," *J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 5, no. 6, pp. 380–389, 2008.
- [8] WHO, *WHO global air quality guidelines*. World Health Organization, 2021.
- [9] P. D. Hien, V. H. Bac, H. C. Tham, D. D. Nhan, and L. D. Vinh, "Influence of meteorological conditions on PM_{2.5} and PM_{2.5-10} concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam," *Atmos. Environ.*, vol. 36, no. 21, pp. 3473–3484, 2002.
- [10] D.H Cao and T. K. O Nguyen, "Effects of local, regional meteorology and emission sources on mass and compositions of particulate matter in Hanoi," *Atmos. Environ.*, vol. 78, pp. 105–112, 2013.
- [11] P. D. Hien, P. D. Loc, and N. V. Dao, "Air pollution episodes associated with East Asian winter monsoons," *Sci. Total Environ.*, vol. 409, no. 23, pp. 5063–5068, 2011.
- [12] T. Nakayama, Y. Matsumi, K. Kawahito, and Y. Watabe, "Development and evaluation of a palm-sized optical PM_{2.5} sensor," *Aerosol Sci. Technol.*, vol. 52, no. 1, pp. 2–12, 2018.
- [13] A. Mues, M. Rupakheti, C. Munkel, A. Lauer, H. Bozem, P. Hoor, T. Butler, and M. G. Lawrence, "Investigation of the mixing layer height derived from ceilometer measurements in the Kathmandu Valley and implications for local air quality," *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 17, no. 13, pp. 8157–8176, 2017.
- [14] Vietnam Ministry of Natural Resources and Environment, "QCVN 05: 2013/BTNMT," *Natl. Tech. Regul. Ambient Air Qual.*, 2013.
- [15] Z. Li, Y. J. Feng, and H. Y. Liang, "Impact of Meteorological Factors on the PM_{2.5} Variations in Hong Kong," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 78, 2017, Art. no. 012003.
- [16] Z. Jing, P. Liu, T. Wang, H. Song, J. Lee, T. Xu, and Y. Xing, "Effects of meteorological factors and anthropogenic precursors on PM_{2.5} concentrations in cities in China," *Sustain.*, vol. 12, no. 9, pp. 1–13, 2020.