

Tác động của các yếu tố khí tượng và hiện tượng thời tiết cực đoan đến chất lượng không khí (PM_{2.5}) tại Việt Nam

Tháng Bảy 2025 - Số 78 | Dự án GEMMES Việt Nam

CÁC DỮ KIẾN CHÍNH

- Ô nhiễm không khí do bụi mịn (PM_{2.5}) đã trở thành một mối đe dọa ngày càng tăng đối với sức khỏe và môi trường trên khắp Việt Nam.
- Nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết quan trọng về cách các yếu tố khí tượng và các hiện tượng thời tiết cực đoan ảnh hưởng đến nồng độ bụi PM_{2.5} tại sáu vùng kinh tế trọng điểm từ năm 2012 đến năm 2022.
- Phát hiện của chúng tôi cho thấy áp suất bề mặt và nhiệt độ là những yếu tố khí tượng có ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến sự biến thiên nồng độ PM_{2.5} trên khắp Việt Nam. Ngoài ra, có sự khác biệt giữa các vùng về cách lượng mưa, độ ẩm và tốc độ gió ảnh hưởng đến mức độ ô nhiễm; và cách các hiện tượng thời tiết cực đoan có thể làm tăng hoặc giảm đáng kể nồng độ PM_{2.5}.
- Việc tìm hiểu những ảnh hưởng của khí hậu lên PM_{2.5} có thể giúp tăng cường khả năng dự báo ô nhiễm, định hướng các hành động mục tiêu, và lồng ghép vấn đề chất lượng không khí vào các kế hoạch thích ứng với biến đổi khí hậu và phòng chống thiên tai nhằm bảo vệ sức khỏe và nâng cao khả năng chống chịu.

Các tác giả Thanh T.N NGUYEN, Trương X. NGO, An H. PHAN, Thanh NGO-DUC

Từ khóa PM_{2.5}, Yếu tố khí tượng, Hiện tượng thời tiết cực đoan, Việt Nam

Phạm vi địa lý Việt Nam

Chủ đề: Môi trường, Khí hậu

Tìm hiểu thêm tại: <https://www.afd.fr/en/gemmes-vietnam-analysis-socio-economic-impacts-climate-change-energy-transition-and-adaptation-strategies>



BỐI CẢNH & ĐỘNG LỰC

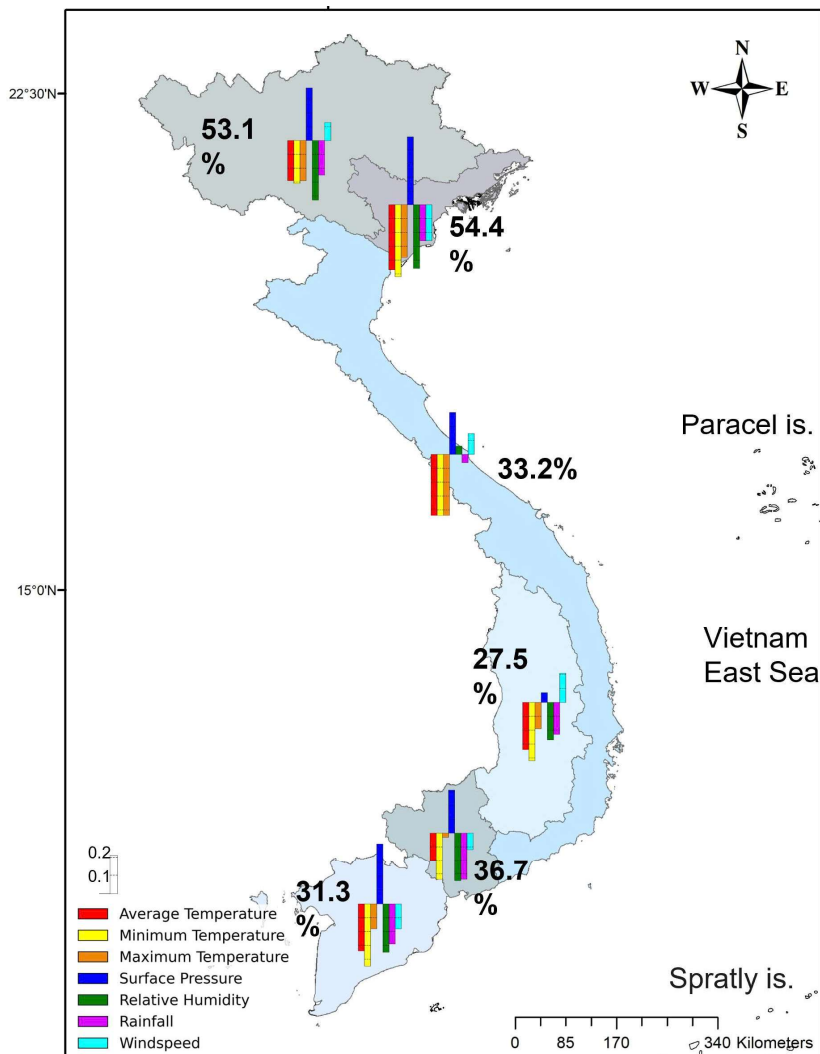
Ô nhiễm không khí là một thách thức lớn trên toàn cầu, trong đó bụi mịn $PM_{2.5}$ là một trong những chất ô nhiễm gây hại nhất. Nồng độ của loại bụi này chịu ảnh hưởng bởi cả nguồn phát thải và các yếu tố khí tượng, là những yếu tố thường thay đổi tùy theo vị trí địa lý và khí hậu. Khác với các nghiên cứu trước đây tập trung vào dữ liệu quan trắc mặt đất tại địa phương và do đó bị hạn chế về dữ liệu cũng như khả năng phân tích ở cấp khu vực, nghiên cứu này sử dụng dữ liệu mô hình hóa từ nhiều nguồn khác nhau để xem xét các mối quan hệ này trên quy mô toàn quốc, mang lại một góc nhìn rộng hơn chưa từng được khám phá trước đây.

Nghiên cứu này¹ cung cấp một cái nhìn tổng quan toàn diện về cách các yếu tố khí tượng tương tác với $PM_{2.5}$ trên cả nước, giúp cung cấp thông tin cho công tác quản lý chất lượng không khí, thích ứng với biến đổi khí hậu và phòng chống thiên tai trở nên hiệu quả hơn. Thêm vào đó, các phát hiện của nghiên cứu còn là bộ dữ liệu có giá trị để đánh giá tiến độ của Việt Nam hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng "0" (Net-Zero) vào năm 2050.

PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Đầu tiên, chúng tôi đánh giá tác động tích lũy của các biến số khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa, áp suất bề mặt và tốc độ gió) để xác định các ngày trễ phù hợp nhất cho việc phân tích. Sau đó, chúng tôi tìm hiểu mối tương quan theo tổng thể và theo không gian ở cấp quận/huyện sử dụng hệ số tương quan Pearson's r (tuyến tính) và Spearman's R (phi tuyến tính). Để định lượng mức ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố khí hậu lên sự biến động của $PM_{2.5}$, chúng tôi tiến hành các phân tích đa biến bằng phương pháp Hồi

Hệ số tương quan Pearson giữa các yếu tố khí tượng và $PM_{2.5}$ và tỉ lệ biến động $PM_{2.5}$ được giải thích bởi tất cả các biến khí tượng sử dụng mô hình GAM trên sáu vùng kinh tế-xã hội



quy Tuyến tính và Mô hình Hồi quy Cộng tính Tổng quát (GAM).

Tiếp theo, chúng tôi xác định các hiện tượng thời tiết cực đoan, chẳng hạn như các ngày và đêm mát hoặc ẩm bất thường, độ ẩm, áp suất, tốc độ gió, hoặc nồng độ $PM_{2.5}$ cực đoan, dựa trên phân vị thứ 5 và thứ 95 của dữ liệu lịch sử. Chúng tôi xem xét sự trùng khớp của các hiện tượng này với mức $PM_{2.5}$ cực đoan và ước tính tác động của khoảng thời gian diễn ra hiện tượng cực đoan đối với tình trạng ô nhiễm, sử dụng mô hình Tác động Cố định Hai chiều (TWFE).

Cuối cùng, chúng tôi minh họa các phát hiện thông qua hai nghiên cứu trường hợp: đợt hạn hán năm 2016 ở miền Nam Việt Nam và cơn bão Talas năm 2017, phân tích tác động của các cơn bão này đến chất lượng không khí, sử dụng phương pháp Sai biệt kép (DID).

CÁC PHÁT HIỆN CHÍNH

Tác động của Yếu tố Khí tượng và Sự khác biệt giữa các Vùng kinh tế. Lượng mưa và tốc độ gió có xu hướng tác động tức thời đến nồng độ $PM_{2.5}$, trong khi tại các khu vực phía Bắc, nhiệt độ và độ ẩm lại ảnh hưởng đến nồng độ từ

những khoảng thời gian trước đó. Tại các khu vực phía Nam, tất cả các yếu tố đều cho thấy tác động tức thời hơn. Đặc biệt, áp suất bề mặt cho thấy sự biến thiên mạnh theo độ trễ thời gian tại các vùng đồng bằng châu thổ, nhưng không xảy ra ở các khu vực khác.

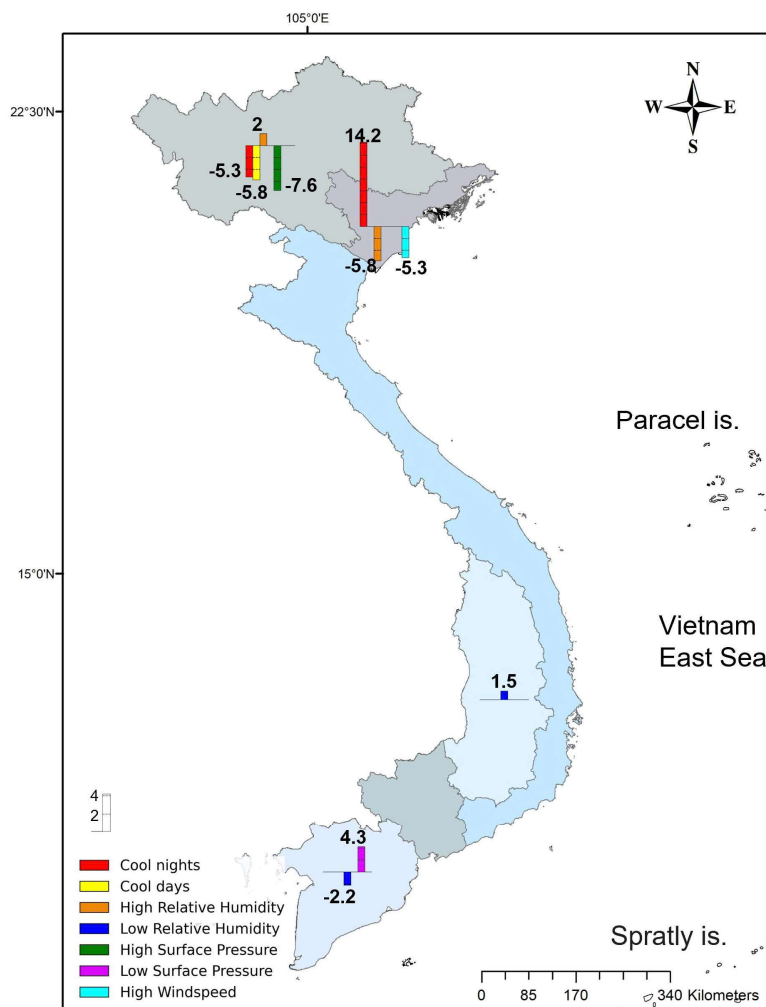
Áp suất bề mặt là yếu tố có tác động tỷ lệ thuận mạnh nhất đến nồng độ $PM_{2.5}$ (ngoại trừ khu vực Tây Nguyên), vì áp suất cao hơn sẽ ngăn cản sự lưu thông của không khí và giữ lại các chất ô nhiễm. Nhiệt độ là yếu tố có ảnh hưởng lớn thứ hai, khi nhiệt độ càng thấp (đặc biệt là nhiệt độ tối thiểu hàng ngày) thì nồng độ $PM_{2.5}$ càng cao, nhất là tại vùng Đồng bằng sông Hồng. Độ ẩm và lượng mưa thường làm giảm nồng độ $PM_{2.5}$, ngoại trừ khu vực duyên hải Bắc Trung Bộ, nơi độ ẩm lại cho thấy mối tương quan tỷ lệ thuận.

Ảnh hưởng của tốc độ gió thay đổi theo từng vùng. Tốc độ gió thấp làm tăng nồng độ $PM_{2.5}$ ở một số khu vực phía Bắc trong khi, ở những nơi khác, tốc độ gió cao làm gia tăng ô nhiễm không khí.

Các mô hình kết hợp giải thích được tới 54% sự biến thiên của $PM_{2.5}$ ở các khu vực phía Bắc nhưng tỷ lệ này lại thấp hơn ở các khu vực phía Nam, điều này cho thấy có các nguồn ô nhiễm khác ngoài yếu tố khí tượng.

Tác động của các Hiện tượng Thời tiết Cực đoan. Những ngày trời mát, mưa lớn và gió mạnh thường đi liền với nồng độ $PM_{2.5}$ thấp hơn, đặc biệt là ở các khu vực phía Bắc, nơi các hiện tượng thời tiết này trùng khớp với khoảng 15% thời điểm ô nhiễm thấp. Ngược lại, những đêm trời lạnh, độ ẩm thấp và gió yếu có xu hướng trùng với thời điểm nồng độ ô nhiễm cao hơn. Thời tiết ẩm và các đợt áp suất thấp cho thấy ít sự trùng khớp với các mức $PM_{2.5}$ cực đoan. Về mặt định lượng, các đợt

Một số đợt thời tiết cực đoan kéo dài làm tăng hoặc giảm đáng kể nồng độ $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) trên sáu vùng kinh tế-xã hội



đêm lạnh, áp suất thấp, và gió yếu làm tăng đáng kể nồng độ $PM_{2.5}$, trong khi những ngày trời mát, mưa, độ ẩm cao, và áp suất cao lại làm giảm nồng độ $PM_{2.5}$. Ví dụ, những đêm lạnh kéo dài ở Đồng bằng sông Hồng có thể làm $PM_{2.5}$ tăng vọt thêm $14,2 \mu g/m^3$, trong khi đó tại khu vực Trung du và miền núi phía Bắc, điều kiện tương tự lại làm giảm $PM_{2.5}$ tới $7 \mu g/m^3$. Những kết quả này nhấn mạnh tầm quan trọng của cả loại hình và thời gian diễn ra các hiện tượng thời tiết cực đoan trong việc định hình các phản ứng của chất lượng không khí.

Các nghiên cứu trường hợp về Hạn hán và Bão. Hai sự kiện thời tiết lớn cho thấy thời tiết cực đoan

có thể tác động đến chất lượng không khí như thế nào. Đợt hạn hán năm 2016 tại miền Nam Việt Nam đã làm tăng nồng độ $PM_{2.5}$ thêm $6,45 \mu g/m^3$ ở Đồng bằng sông Cửu Long, phản ánh cách các đợt khô hạn làm gia tăng ô nhiễm ở những vùng đất trũng dễ bị tổn thương. Ngược lại, cơn bão Talas (năm 2017) đã làm giảm nồng độ $PM_{2.5}$ bớt đi $2,05 \mu g/m^3$ ở miền Trung Việt Nam, có thể là do gió mạnh và mưa lớn đã giúp phát tán các chất ô nhiễm. Những trường hợp này nhấn mạnh cách các hiện tượng cực đoan có thể làm chất lượng không khí tại địa phương trở nên xấu đi hay tốt lên, tùy thuộc vào tính chất và vị trí của chúng.

Hạn chế. Các phát hiện của nghiên cứu này có những giới hạn về phương pháp luận và dữ liệu. Chất lượng của dữ liệu khí tượng và PM_{2.5} có thể ảnh hưởng đến độ chính xác. Mô hình Tác động Cố định Hai chiều (TWFE) giả định rằng các tác động đặc thù theo từng quận/huyện và theo thời gian là ổn định, điều này có thể đơn giản hóa các động lực trong thực tế. Phương pháp Sai biệt kép (DID) phụ thuộc vào giả định về xu hướng song song giữa nhóm đối chứng và nhóm can thiệp, mà giả định này không phải lúc nào cũng đúng. Ngoài ra, việc định nghĩa các hiện tượng cực đoan, việc lựa chọn dữ liệu cho các mô hình

TWFE và DID, cũng như số lượng ít các trường hợp cụ thể có thể hạn chế khả năng khái quát hóa của các kết quả.

KHUYẾN NGHỊ

- **Mô hình tích hợp Khí hậu - Chất lượng Không khí:** Các giá trị tức thời và giá trị ngày trễ của các biến khí tượng như áp suất bề mặt, nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm tương đối, tốc độ gió và các hình thái thời tiết cực đoan cần được tích hợp vào các mô hình chất lượng không khí của từng vùng để nâng cao độ chính xác. Những mô hình này cần được sử dụng để dự báo các giai đoạn ô nhiễm nghiêm trọng, từ đó giúp xây dựng kế hoạch thích ứng chủ động và linh hoạt hơn.
- **Thích ứng và giảm thiểu tác động Biến đổi Khí hậu:** Mối liên hệ chặt chẽ giữa các yếu tố khí tượng và ô nhiễm không khí ở các khu vực phía Bắc cho thấy biến đổi khí hậu trong tương lai có thể làm trầm trọng thêm mức độ ô nhiễm không khí, gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người và môi trường. Vấn đề ô nhiễm không khí cần được lồng ghép vào các kế hoạch thích ứng và giảm nhẹ biến đổi khí hậu. Việc này có thể bao gồm: tích hợp chỉ số chất lượng không khí vào quy hoạch đô thị và hệ thống cảnh báo y tế công cộng; triển khai hệ thống cảnh báo sớm về các mức độ ô nhiễm nguy hại; chuyển đổi sang năng lượng tái tạo; thúc đẩy giao thông bền vững; cải thiện quản lý chất thải và nông nghiệp; mở rộng không gian xanh đô thị; và tăng cường hạ tầng y tế.
- **Phòng chống Thiên tai và Nâng cao Khả năng chống chịu:** Các hiện tượng thời tiết cực đoan như đêm lạnh, độ ẩm thấp và tốc độ gió thấp thường trùng với thời điểm có nồng độ PM_{2.5} cao. Các sự kiện cực đoan kéo dài, như những đêm lạnh ở Đồng bằng sông Hồng, áp suất bề mặt thấp ở Đồng bằng sông Cửu Long và các đợt hạn hán, có thể làm tăng đáng kể nồng độ PM_{2.5}. Việc tăng cường công tác phòng chống thiên tai và khả năng chống chịu là rất cần thiết để giảm thiểu những tác động kép này.

¹ Nguyễn và cộng sự (2025). [Tác động của các Yếu tố Khí tượng và Hiện tượng Thời tiết Cực đoan đến Ô nhiễm bụi PM_{2.5} tại Việt Nam](#), AFD Research Paper 364.