



THU HẸP KHOẢNG TRỐNG DỮ LIỆU VỀ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ: Đề xuất giải pháp hướng tới công bằng môi trường

LÊ THỊ HƯỜNG

Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) và ô nhiễm môi trường ngày càng gia tăng, việc giám sát chất lượng không khí (CLKK) đã trở thành một công cụ không thể thiếu trong quản lý môi trường, chăm sóc sức khỏe cộng đồng và hoạch định chính sách. CLKK không chỉ là một chỉ số môi trường đơn thuần mà còn là một yếu tố quyết định trực tiếp đến sức khỏe con người, sự phát triển kinh tế - xã hội và khả năng thích ứng với những thách thức toàn cầu. Ô nhiễm không khí (ÔNKK), đặc biệt là ở các đô thị lớn và khu công nghiệp, đang gây ra những hậu quả nghiêm trọng, từ các bệnh hô hấp, tim mạch đến suy giảm chất lượng cuộc sống và tăng gánh nặng y tế.

Tuy nhiên, sự chênh lệch giữa các quốc gia về mức độ tiếp cận và triển khai hệ thống giám sát CLKK còn có một khoảng cách lớn. "Khoảng trống dữ liệu" này đang tạo ra một bất bình đẳng môi trường rõ rệt, đặc biệt tại các quốc gia thu nhập thấp và trung bình (LMICs) – những nơi chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của ÔNKK nhưng lại có ít dữ liệu nhất. Việc thiếu hụt dữ liệu không chỉ cản trở khả năng đánh giá đúng mức độ rủi ro, mà còn làm suy yếu nỗ lực xây dựng các chính sách phòng ngừa và ứng phó kịp thời. Để giải quyết vấn đề cấp bách này, bài viết phân tích thực trạng, rào cản và đề xuất các giải pháp toàn diện nhằm thu hẹp khoảng trống dữ liệu, hướng tới một nền tảng dữ liệu không khí công bằng và minh bạch.

THỰC TRẠNG GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ VÀ CÁC RÀO CẢN ĐỐI VỚI CÁC QUỐC GIA

Sự phân bố bất bình đẳng của hệ thống giám sát toàn cầu

Theo Báo cáo CLKK thế giới năm 2021, có sự khác biệt rõ rệt về năng lực giám sát CLKK giữa các khu vực địa lý [1]. Các quốc gia ở Bắc Bán Cầu – nơi có trình độ công nghệ phát triển - sở hữu hệ thống thiết bị giám sát CLKK phong phú và phân bố rộng khắp. Điều này cho phép họ thu thập dữ liệu chi tiết, liên tục, từ đó đưa ra các cảnh báo sớm và xây dựng chính sách ứng phó kịp thời. Điển hình là vụ cháy kho BioLab tại bang Georgia (Mỹ) năm 2024, nhờ dữ liệu từ thiết bị giám sát, các cơ quan y tế, môi trường và truyền thông đã phối hợp ứng phó khẩn cấp, hạn chế ảnh hưởng đối với sức khỏe cộng đồng [7,8]. Điều này nhấn mạnh vai trò cốt lõi của dữ liệu giám

sát trong việc bảo vệ sức khỏe cộng đồng và ứng phó khủng hoảng.

Ngược lại, ở Nam Bán Cầu – đặc biệt là châu Phi, Nam Á và Đông Nam Á – hệ thống giám sát CLKK còn thiếu hụt nghiêm trọng. Thống kê cho thấy, có tới 97% các thành phố trên 100.000 dân ở LMICs không đáp ứng chuẩn không khí sạch của WHO, so với 49% ở các nước thu nhập cao. Mặc dù nhu cầu theo dõi nơi đây rất cấp thiết do mức độ ô nhiễm cao và dân số đông, nhưng số lượng thiết bị lại hạn chế, gây cản trở việc đưa ra các quyết sách và can thiệp hiệu quả [1].

Sự thiếu vắng các hệ thống giám sát đáng tin cậy ở LMICs không chỉ là vấn đề kỹ thuật mà còn là một vấn đề công bằng xã hội sâu sắc. Khi không có dữ liệu chính xác, việc đánh giá rủi ro sức khỏe trở nên mơ hồ, dẫn đến việc thiếu các chính sách y tế công cộng hiệu quả và các biện pháp bảo vệ cộng đồng dễ bị tổn thương. Đặc biệt, các cộng đồng nghèo thường là nơi tập trung các khu công nghiệp, giao thông đông đúc và các nguồn ô nhiễm khác, khiến họ phải gánh chịu hậu quả nặng nề nhất của ÔNKK mà không có đủ thông tin để tự bảo vệ. Tình trạng này càng làm trầm trọng thêm sự bất bình đẳng về sức khỏe và kinh tế giữa các khu vực và các tầng lớp dân cư.

Tác động sức khỏe của ÔNKK và vai trò dữ liệu giám sát

Dữ liệu từ hệ thống giám sát không khí có vai trò cốt lõi trong việc đánh giá nguy cơ sức khỏe, phòng ngừa sự cố và hoạch định chính sách công. Các chất ô nhiễm như $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 , SO_2 , CO đã được chứng minh gây tác động nghiêm trọng đến hệ hô hấp, tim mạch, hệ thần kinh và tăng nguy cơ tử vong do mọi nguyên nhân. $PM_{2.5}$ với kích thước siêu nhỏ, có thể thâm nhập sâu vào phổi và đi vào máu, gây ra các vấn đề sức khỏe mãn tính như hen suyễn, bệnh phổi tắc nghẽn mãn tính (COPD), đột quỵ và đau tim. Ozone (O_3) ở tầng đối lưu có thể gây kích ứng đường hô hấp, làm giảm chức năng phổi và làm trầm trọng thêm các bệnh hô hấp. Dioxide nitơ (NO_2) và dioxide lưu huỳnh (SO_2) cũng góp phần vào sự phát triển của các vấn đề hô hấp và tim mạch, đồng thời là tiền chất của mưa axit. Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO), ÔNKK là một trong những rủi ro môi trường lớn nhất đối với sức khỏe con người, gây ra hàng triệu ca tử vong sớm mỗi năm [6].



Các quốc gia thu nhập thấp và trung bình thường gặp khó khăn khi triển khai hệ thống giám sát không khí toàn diện

Việc thiếu dữ liệu CLKK ở LMICs đồng nghĩa với việc người dân không được cảnh báo kịp thời về mức độ ô nhiễm nguy hiểm, không thể thực hiện các biện pháp phòng ngừa cần thiết như hạn chế hoạt động ngoài trời, đeo khẩu trang, hoặc tìm kiếm sự chăm sóc y tế. Điều này đặc biệt nghiêm trọng đối với các nhóm dân số dễ bị tổn thương như trẻ em, người già, và những người có bệnh nền. Dữ liệu CLKK giúp các cơ quan chức năng kịp thời cảnh báo, đề xuất biện pháp can thiệp và truy vết nguyên nhân sự cố. Nó cũng cung cấp bằng chứng khoa học cần thiết để các nhà hoạch định chính sách đưa ra các quy định về khí thải công nghiệp, giao thông vận tải và phát triển đô thị một cách có cơ sở. Dữ liệu minh bạch và dễ tiếp cận cho phép người dân đưa ra các quyết định sáng suốt về sức khỏe của mình, đồng thời thúc đẩy các chính phủ và ngành công nghiệp chịu trách nhiệm về tác động môi trường của họ.

Rào cản trong triển khai hệ thống giám sát tại LMICs

LMICs thường đối mặt với nhiều rào cản khi triển khai hệ thống giám sát không khí toàn diện.

Chi phí đầu tư, vận hành và bảo trì cao: Các trạm quan trắc truyền thống, với công nghệ hiện đại và độ chính xác cao, đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu rất lớn. Theo ước tính, một trạm quan trắc không khí tiêu chuẩn có thể tiêu tốn hàng trăm nghìn đến hàng

triệu đô la Mỹ cho việc lắp đặt, chưa kể chi phí vận hành và bảo trì định kỳ. Chi phí này bao gồm việc mua thiết bị phân tích chuyên dụng, xây dựng cơ sở hạ tầng bảo vệ, chi phí năng lượng, vật tư tiêu hao và lương cho đội ngũ kỹ thuật viên có chuyên môn cao. Đối với các quốc gia có ngân sách hạn hẹp, việc phân bổ nguồn lực cho giám sát CLKK thường bị xếp sau các ưu tiên cấp bách khác như y tế, giáo dục hay phát triển kinh tế. Có thể nói đây là rào cản lớn nhất đối với LMICs.

Hạn chế về nguồn tài trợ quốc tế: Mặc dù có nhiều tổ chức quốc tế quan tâm đến vấn đề ÔNKK, tuy nhiên, các nguồn tài trợ hiện nay vẫn chủ yếu dựa trên các hình thức vay có điều kiện, hạn chế mục đích sử dụng và đều gặp rủi ro tài chính cho quốc gia nhận hỗ trợ. Theo Clean Air Fund (2023), chỉ 1% tài trợ quốc tế cho CLKK là tài trợ không hoàn lại [2]. Điều này gây khó khăn cho LMICs trong việc tiếp cận và sử dụng hiệu quả các khoản viện trợ để xây dựng cơ sở hạ tầng giám sát bền vững.

Thiếu cơ sở hạ tầng công và nhân lực chuyên môn: Nhiều nước Nam Bán Cầu thiếu cơ sở hạ tầng công cần thiết như hệ thống điện ổn định, mạng lưới viễn thông đáng tin cậy để hỗ trợ hoạt động của các trạm giám sát hiện đại. Các trạm giám sát yêu cầu nguồn điện liên tục và khả năng truyền dữ liệu theo thời gian thực, điều này khó khăn ở những vùng sâu, vùng xa



hoặc những nơi có hạ tầng yếu kém. Bên cạnh đó, tình trạng thiếu hụt nhân lực có trình độ chuyên môn về khoa học môi trường, kỹ thuật đo lường và phân tích dữ liệu cũng là một thách thức lớn.

Thực trạng giám sát CLKK tại Việt Nam

Tại Việt Nam, hệ thống quan trắc môi trường không khí đã có những bước phát triển nhất định, nhưng vẫn tồn tại nhiều khoảng trống đáng kể. Phần lớn các trạm quan trắc tự động tập trung ở các đô thị lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. Trong khi đó, khu vực nông thôn, miền núi và các vùng chịu tác động lớn từ hoạt động công nghiệp và giao thông (Bắc Giang, Quảng Ninh, Đồng Nai...) lại chưa được trang bị đầy đủ hệ thống theo dõi. Sự phân bố không đồng đều này tạo ra một "điểm mù" dữ liệu quan trọng, gây khó khăn trong việc lập bản đồ ô nhiễm, cảnh báo sớm và xây dựng chính sách dựa trên bằng chứng.

Ngoài ra, cơ sở dữ liệu hiện có còn phân mảnh, thiếu tính mở và kết nối giữa các ngành. Nhiều trạm đo thuộc các bộ, ngành khác nhau (Nông nghiệp và Môi trường, Giao thông vận tải, Y tế...) nhưng chưa chia sẻ dữ liệu liên thông. Điều này gây cản trở nghiêm trọng trong việc phối hợp giám sát, phân tích tổng thể và phản ứng kịp thời khi có sự cố ô nhiễm. Việc thiếu một nền tảng dữ liệu tập trung, tích hợp làm giảm hiệu quả của công tác quản lý và hoạch định chính sách về CLKK. Để khắc phục tình trạng này, Việt Nam đang hướng tới xây dựng nền tảng dữ liệu không khí tích hợp, sử dụng công nghệ điện toán đám mây và trí tuệ nhân tạo để tổng hợp, phân tích và cung cấp thông tin theo thời gian thực cho cộng đồng và cơ quan quản lý. Đây là một bước đi đúng đắn nhằm tăng cường minh bạch và hiệu quả trong quản lý CLKK, phù hợp với xu thế phát triển dữ liệu môi trường toàn cầu.

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP HƯỚNG TỚI CÔNG BẰNG MÔI TRƯỜNG

Để lấp đầy khoảng trống dữ liệu và hướng tới công bằng khí hậu, cần triển khai đồng thời các giải pháp về kỹ thuật, thể chế và tài chính một cách đồng bộ và toàn diện.

Ứng dụng công nghệ cảm biến chi phí thấp

Việc ứng dụng công nghệ cảm biến chi phí thấp là một giải pháp đặc biệt phù hợp với nhiều quốc gia nghèo. Các thiết bị cảm biến thế hệ mới có khả năng đo lường các chất ô nhiễm chính như $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO, NO_2 , SO_2 , O_3 với độ chính xác khá tốt, nhờ vào các thuật toán hiệu chỉnh tiên tiến và khả năng kết nối không dây. Ưu điểm nổi bật của các thiết bị này là chi phí đầu tư thấp, dễ lắp đặt và vận hành, cho phép mở rộng mạng lưới giám sát ra các vùng xa trung tâm, khu vực nông thôn và các điểm nóng ô nhiễm

mà trước đây không thể tiếp cận bằng trạm quan trắc truyền thống.

Các sáng kiến tiên phong trong lĩnh vực này bao gồm Clarity Movement (2022) và OpenAQ (2023) [3,4]. Clarity Movement cung cấp các cảm biến nhỏ gọn, giá cả phải chăng với khả năng thu thập dữ liệu thời gian thực và tích hợp vào các nền tảng phân tích đám mây. OpenAQ là một nền tảng dữ liệu mở toàn cầu, tổng hợp dữ liệu CLKK từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm cả các cảm biến chi phí thấp, giúp người dùng dễ dàng truy cập và sử dụng thông tin. Việc triển khai rộng rãi các công nghệ này không chỉ giúp thu thập dữ liệu ở những khu vực thiếu thông tin mà còn giúp nâng cao nhận thức cộng đồng về tình hình CLKK tại địa phương. Mặc dù độ chính xác của cảm biến chi phí thấp có thể không bằng trạm quan trắc truyền thống trong mọi điều kiện, nhưng với sự phát triển của thuật toán hiệu chỉnh và máy học (là một nhánh trong trí tuệ nhân tạo), chúng đang ngày càng trở nên đáng tin cậy hơn và cung cấp thông tin đủ để đưa ra các cảnh báo và quyết định ban đầu.

Xây dựng nền tảng dữ liệu mở và minh bạch

Việc xây dựng nền tảng dữ liệu mở giúp người dân, nhà nghiên cứu và tổ chức xã hội truy cập thông tin, đóng góp giám sát CLKK. Các nền tảng như World Air Quality Index và IQAir đã thiết lập hệ thống dữ liệu mở, cung cấp thông tin theo thời gian thực về CLKK ở hàng nghìn địa điểm trên thế giới [5]. Những nền tảng này không chỉ cung cấp số liệu thô mà còn diễn giải thông tin về các chất ô nhiễm phổ biến, xu hướng ô nhiễm theo mùa, cũng như các rủi ro sức khỏe liên quan, giúp người dân hiểu rõ hơn về tác động của ÔNKK đến cuộc sống hàng ngày.

Minh bạch thông tin còn tạo điều kiện cho các nhà nghiên cứu và nhà báo tiếp cận dữ liệu phục vụ các hoạt động giám sát độc lập và phản biện chính sách. Khi dữ liệu công khai, các tổ chức xã hội dân sự có thể sử dụng thông tin này để vận động chính sách, nâng cao nhận thức cộng đồng và kêu gọi hành động từ chính phủ và các ngành công nghiệp. Điều này thúc đẩy tính giải trình và minh bạch của các cơ quan quản lý, đồng thời trao quyền cho cộng đồng trong BVMT sống của mình. Để xây dựng một nền tảng dữ liệu mở hiệu quả, cần chú trọng đến việc chuẩn hóa dữ liệu từ các nguồn khác nhau, phát triển các giao diện lập trình ứng dụng (API) mở để dễ dàng tích hợp, sử dụng và mọi đối tượng đều có thể tiếp cận thông tin.

Đổi mới cơ chế tài chính quốc tế

Để giải quyết rào cản về tài chính, cần đổi mới cơ chế tài chính quốc tế theo hướng tăng cường hỗ trợ không hoàn lại và linh hoạt. Các tổ chức như Ngân hàng thế giới, Quỹ Khí hậu Xanh (GCF), các quỹ môi



trường khu vực có thể đóng vai trò quan trọng trong việc thiết kế chương trình tài trợ phù hợp với nhu cầu và năng lực của các nước đang phát triển. Thay vì tập trung vào các khoản vay có điều kiện, cần ưu tiên các khoản tài trợ không hoàn lại, giúp giảm gánh nặng tài chính cho LMICs và cho phép họ đầu tư vào cơ sở hạ tầng giám sát mà không phải đối mặt với rủi ro nợ nần. Ngân hàng thế giới đã bắt đầu khám phá các giải pháp tài chính mới để hỗ trợ quản lý CLKK ở LMICs, bao gồm việc xây dựng năng lực và đầu tư vào cơ sở hạ tầng [9].

Ngoài ra, cần tích hợp tài trợ cho CLKK vào các chương trình lớn về BDKH, sức khỏe cộng đồng và phát triển bền vững để tối ưu hóa nguồn lực. ÔNKK và BDKH có mối liên hệ chặt chẽ, do đó, các giải pháp chống BDKH thường có lợi ích đồng thời cho CLKK.

Hợp tác xuyên biên giới và khu vực

Hợp tác xuyên biên giới và khu vực là yếu tố then chốt để chia sẻ kinh nghiệm và dữ liệu. ÔNKK không dừng lại ở biên giới quốc gia; các sự cố như cháy rừng, khói mù và bụi mịn thường ảnh hưởng đồng thời đến nhiều quốc gia trong khu vực. Tại khu vực ASEAN, hợp tác trong giám sát và cảnh báo ô nhiễm xuyên biên giới vẫn còn manh mún, cần được mở rộng thành mạng lưới khu vực với cơ chế chia sẻ dữ liệu, tiêu chuẩn giám sát chung và quy trình phản ứng thống nhất.

Việc thiết lập các hiệp định và thỏa thuận khu vực về CLKK có thể giúp các quốc gia phối hợp hiệu quả hơn trong việc thu thập dữ liệu, phân tích xu hướng ô nhiễm và đưa ra các cảnh báo chung. Các chương trình trao đổi kinh nghiệm, đào tạo nhân lực và chuyển giao công nghệ giữa các quốc gia cũng sẽ góp phần nâng cao năng lực giám sát tổng thể. Ví dụ, việc xây dựng một hệ thống cảnh báo sớm ô nhiễm khói mù xuyên biên giới có thể giúp các quốc gia chuẩn bị và ứng phó tốt hơn với các đợt ô nhiễm nghiêm trọng, bảo vệ sức khỏe cộng đồng và giảm thiểu thiệt hại kinh tế. Các sáng kiến như Mạng lưới quan trắc và cảnh báo sớm CLKK khu vực có thể đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy sự phối hợp này.

KẾT LUẬN

Khoảng trống dữ liệu về CLKK là biểu hiện rõ nét của bất bình đẳng môi trường trong kỷ nguyên số. Nó không chỉ phản ánh sự chênh lệch về năng lực kỹ thuật mà còn thể hiện sự thiếu công bằng trong tiếp cận thông tin – một yếu tố then chốt để bảo vệ quyền sống trong môi trường trong lành. Việc thiếu dữ liệu đồng nghĩa với việc các cộng đồng dễ bị tổn thương nhất ít có khả năng để tự bảo vệ mình và yêu cầu trách nhiệm từ các bên gây ô nhiễm.

Để lấp đầy khoảng trống này, cần sự phối hợp liên ngành và xuyên quốc gia giữa các nhà hoạch định

chính sách, nhà tài trợ, tổ chức khoa học và cộng đồng. Điều này đòi hỏi một cam kết mạnh mẽ từ các chính phủ để ưu tiên đầu tư vào giám sát CLKK, tạo ra môi trường pháp lý và chính sách thuận lợi cho việc chia sẻ dữ liệu. Các tổ chức quốc tế cần đổi mới cách thức hỗ trợ tài chính, tập trung vào các khoản tài trợ không hoàn lại và linh hoạt, đồng thời tích hợp các mục tiêu về CLKK vào các chương trình phát triển lớn. Cộng đồng khoa học có vai trò quan trọng trong việc phát triển các công nghệ giám sát tiên tiến và dễ tiếp cận, cũng như cung cấp các phân tích dữ liệu đáng tin cậy. Quan trọng nhất, sự tham gia của cộng đồng là không thể thiếu, từ việc nâng cao nhận thức đến việc đóng góp vào các sáng kiến giám sát công dân.

Khi dữ liệu được phổ cập và minh bạch, hành động vì môi trường mới có thể diễn ra kịp thời, chính xác và công bằng. Một thế giới nơi mọi người đều có quyền tiếp cận thông tin về CLKK tại nơi họ sinh sống không chỉ là một mục tiêu lý tưởng mà còn là một nền tảng vững chắc cho việc xây dựng một tương lai khỏe mạnh, bền vững và công bằng hơn cho tất cả mọi người. Việc thu hẹp khoảng trống dữ liệu này không chỉ là một thách thức kỹ thuật, mà còn là một vấn đề đạo đức và công bằng xã hội, đòi hỏi nỗ lực chung từ toàn cầu để đảm bảo rằng không ai bị bỏ lại phía sau trong cuộc chiến chống ÔNKK. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. IQAir. (2021). *World air quality report*. <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>.
2. Clean Air Fund. (2023). *State of global air quality funding 2023*. <https://www.cleanairfund.org/reports/state-of-global-air-quality-funding-2023/>.
3. Clarity Movement. (2022). *How low-cost air sensors are changing air quality monitoring*. <https://www.clarity.io/blog>.
4. OpenAQ. (2023). *Global air quality data platform*. <https://openaq.org>.
5. IQAir. (2024). *World air quality index*. <https://www.iqair.com>.
6. WHO. (2024). *Ambient (outdoor) air pollution*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
7. Simmons Hanly Conroy. (2024). *BioLab chemical exposure report*. <https://www.simmonsfirm.com>
8. Thành phố Atlanta. (2024). *Emergency response to BioLab fire*. Cục Môi trường Atlanta.
9. World Bank. (2022). *Financing clean air: Solutions for low- and middle-income countries*. <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/air-quality-management>.