

Khung phương pháp quản lý tổng hợp chất lượng môi trường không khí tại Việt Nam: kết hợp phương pháp kiểm kê khí thải, GIS, mô hình hóa và phân tích đa tiêu chí

Nguyễn Viết Vũ ^{1,*}, Lê Thị Kim Oanh ¹, Hồ Quốc Bằng ^{2,3}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Văn Lang, Việt Nam

²Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

³Viện Phát triển năng lực lãnh đạo ĐHQG-HCM, Việt Nam

Liên hệ

Nguyễn Viết Vũ, Khoa Môi trường, Trường Đại học Văn Lang, Việt Nam

Email: vu.nv@vlu.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 22-05-2025
- Ngày sửa đổi: 13-06-2025
- Ngày chấp nhận: 23-12-2025
- Ngày đăng: 09-01-2025

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v10i1.820>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Ô nhiễm không khí là một trong những thách thức nghiêm trọng đối với sức khỏe cộng đồng, ảnh hưởng đến phát triển bền vững. Tại Việt Nam, mặc dù công tác quản lý chất lượng không khí đã có những chuyển biến tích cực trong thời gian qua, tuy nhiên nhiều chương trình quản lý chất lượng không khí tại địa phương vẫn thiếu cơ sở khoa học và phương pháp để xác định giải pháp ưu tiên, dẫn đến triển khai thiếu trọng tâm, dàn trải và hiệu quả thấp. Nghiên cứu này đề xuất khung phương pháp quản lý tổng hợp chất lượng môi trường không khí phù hợp với điều kiện Việt Nam, tích hợp bốn phương pháp chính: Kiểm kê khí thải, hệ thống thông tin địa lý, mô hình hóa lan truyền ô nhiễm và phân tích đa tiêu chí, cụ thể là kết hợp phương pháp AHP-TOPSIS. Nghiên cứu đã đề xuất được khung phương pháp quản lý tổng hợp chất lượng môi trường không khí phù hợp với điều kiện Việt Nam gồm 06 bước nhằm đưa ra giải pháp quản lý tổng thể chất lượng không khí cũng như cách thức để xác định các giải pháp ưu tiên trong kiểm soát ô nhiễm không khí. 10 tiêu chí đánh giá giải pháp ưu tiên đã được xây dựng. Khung phương pháp có thể áp dụng cho các tỉnh, thành phố tại Việt Nam, bao quát toàn diện các nguồn ô nhiễm không khí bao gồm nguồn điểm, giao thông, nguồn diện và sinh học. Phương pháp tiếp cận này không chỉ đảm bảo tính hệ thống, khả thi trong thực tiễn, mà còn góp phần tạo cơ sở khoa học cho quá trình hoạch định chính sách, từ đó nâng cao hiệu quả công tác kiểm soát ô nhiễm không khí tại Việt Nam.

Từ khóa: AHP - TOPSIS, Chất lượng không khí, Giải pháp ưu tiên, Phân tích đa tiêu chí, Quản lý tổng hợp.

MỞ ĐẦU

Không khí bị ô nhiễm là một trong những vấn đề môi trường nghiêm trọng nhất ở các khu vực đô thị ¹, theo báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2023 ², vấn đề suy giảm chất lượng không khí (CLKK) khu vực nông thôn tác động đến sức khỏe người dân, làm gia tăng tỉ lệ bệnh tật, suy giảm chất lượng cuộc sống, tác động trực tiếp đến mục tiêu phát triển bền vững đất nước. Trong giai đoạn 2016-2021, CLKK biến động theo từng năm, song ô nhiễm bụi (PM_{2.5}, PM₁₀, TSP) vẫn là vấn đề nổi cộm, vượt Quy chuẩn QCVN 05:2013/BTNMT từ 1,1 đến 2,2 lần tại các đô thị lớn và khu vực công nghiệp, tiêu biểu là Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. ³Nồng độ bụi có xu hướng tăng từ năm 2017 đến năm 2019. Giai đoạn 2020 - 2021, do ảnh hưởng của đại dịch COVID-19 và biện pháp giãn cách xã hội, CLKK được cải thiện hơn so với cùng kỳ giai đoạn trước. Nồng độ các chất ô nhiễm như NO₂, SO₂, CO tương đối thấp, đạt Quy chuẩn cho phép. ⁴Nhiều quốc gia trên thế giới đã quản lý CLKK theo hướng tích hợp, kết hợp phương pháp kiểm kê khí thải

(KKKT), mô hình hóa lan truyền ô nhiễm và phân tích chi phí - hiệu quả nhằm xác định giải pháp trong kiểm soát CLKK. Điển hình 12 quốc gia Châu Âu gồm Bỉ, Tây Ban Nha, Pháp, Đức, Ba Lan, Slovenia, Hungary, Romania, Bulgaria, Hà Lan, Ý và Anh, đã quản lý CLKK theo các bước: (1) đánh giá hiện trạng CLKK, (2) xác định nguồn phát thải từ giao thông, (3) đặt mục tiêu kiểm soát, (4) đề xuất giải pháp và (5) phân tích chi phí - hiệu quả nhằm định hướng chính sách phù hợp ⁵. Nhìn chung, các quốc gia này đã thực hiện hiệu quả phương pháp quản lý tích hợp và đạt được các mục tiêu kiểm soát ô nhiễm không khí đề ra.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu và chính sách quản lý chất lượng môi trường không khí (CLMTKK) bước đầu được triển khai tại một số địa phương như Hà Nội ⁶, Thành phố Hồ Chí Minh ⁷, Cần Thơ ⁸ và Bắc Ninh. ⁹Hầu hết các nghiên cứu này tập trung đánh giá hiện trạng thông qua số liệu quan trắc và KKKT, một số địa phương đã áp dụng mô hình lan truyền ô nhiễm để hỗ trợ xây dựng kế hoạch hành động trong quản lý

Trích dẫn bài báo này: N V V, L T K O, H Q B. Khung phương pháp quản lý tổng hợp chất lượng môi trường không khí tại Việt Nam: kết hợp phương pháp kiểm kê khí thải, GIS, mô hình hóa và phân tích đa tiêu chí. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2026; 10(1):1183-1193.

CLKK. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện tại còn thiếu tính hệ thống, chưa đồng bộ về phương pháp và chưa đưa ra được khung đánh giá định lượng nhằm xác định các giải pháp ưu tiên trong quản lý CLMTKK. Ngoài ra, các phương pháp đánh giá chi phí - lợi ích của giải pháp phần lớn mang tính định tính, chưa được lượng rõ ràng, dẫn đến hạn chế trong việc lựa chọn chính sách hiệu quả và phù hợp cho từng địa phương.

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và xây dựng một khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK cấp tỉnh, đồng thời phát triển phương pháp định lượng nhằm xác định các giải pháp ưu tiên phù hợp với đặc điểm kinh tế, xã hội (KT-XH) và nguồn lực của từng địa phương là một hướng đi cấp thiết và có giá trị thực tiễn cao. Phương pháp này không chỉ góp phần khắc phục những tồn tại trong công tác quản lý CLMTKK tại Việt Nam, mà còn cung cấp nền tảng khoa học vững chắc, hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách đưa ra các quyết định chiến lược hiệu quả. Qua đó, góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng, cải thiện CLMTKK và thúc đẩy phát triển KT-XH bền vững ở cấp địa phương. Khung phương pháp có thể áp dụng cho các tỉnh, thành phố tại Việt Nam và được áp dụng cho tất cả nguồn điểm, nguồn đường, nguồn diện và nguồn sinh học.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thu thập dữ liệu

Phương pháp thu thập dữ liệu được sử dụng để thu thập các dữ liệu về điều kiện tự nhiên, KT-XH, hiện trạng môi trường, bản đồ địa hình, địa chính, quy hoạch giao thông, xây dựng, các nguồn phát thải ONKK, công tác quản lý CLMTKK và dữ liệu sức khỏe của người dân tại khu vực nghiên cứu, cụ thể:

- Khu vực nghiên cứu: Dữ liệu về điều kiện tự nhiên, KT-XH, quy hoạch xây dựng, giao thông, cảng biển, sân bay, hạ tầng đô thị, quy hoạch phát triển KT-XH, quy hoạch khu chế xuất, khu công nghiệp (KCX-KCN), làng nghề, danh mục dự án ưu tiên của địa phương trong những năm tiếp theo, dữ liệu dân cư, cơ sở kinh doanh, dịch vụ ăn uống. Các thông tin trên được thu thập từ Cục Thống kê, Viện Nghiên cứu phát triển, Sở Kế hoạch và Đầu tư (nay là Sở Tài chính), Sở Quy hoạch Kiến trúc, Sở Xây dựng, Sở Giao thông Vận tải (nay là Sở Xây dựng), Ban Quản lý các KCX-KCN.

- CLMTKK: Quy hoạch môi trường, quy hoạch mạng lưới và kế hoạch quan trắc CLMTKK địa phương, số liệu hoặc báo cáo quan trắc định kỳ, số liệu khí tượng thủy văn, bản đồ địa giới hành chính, bản đồ quy hoạch sử dụng đất. Các thông tin này được thu thập

từ Sở Nông nghiệp và Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường.

- Nguồn phát thải: (i) Nguồn giao thông gồm số liệu, báo cáo về hoạt động giao thông trên địa bàn tỉnh, tình hình phát triển mạng lưới giao thông trong 5, 10 năm tới từ Sở Xây dựng. (ii) Nguồn công nghiệp gồm các danh sách các đơn vị sản xuất kinh doanh khu vực nghiên cứu, báo cáo về hoạt động của các ngành nghề, nhà máy bên trong và bên ngoài các KCX-KCN. (iii) Nguồn diện gồm các dữ liệu về số hộ gia đình, cơ sở kinh doanh phục vụ ăn uống, trạm xăng, cửa hàng vật liệu xây dựng, công trình xây dựng, chùa, tiệm in - photocopy, garage xe, loại nhiên liệu tiêu thụ của các hoạt động đó, lượng rơm rạ từ đồng ruộng. (iv) Nguồn sinh học gồm dữ liệu về nông nghiệp, diện tích trồng lúa (nếu có), trồng rừng, tỷ trọng lâm, báo cáo hoạt động nông nghiệp, quy hoạch trong 5 - 10 năm tới từ Sở Nông nghiệp và Môi trường.

- Công tác quản lý CLMTKK: Các chính sách, thể chế, tài liệu văn bản, giải pháp quản lý CLMTKK của Ủy ban nhân dân các tỉnh; Ủy ban nhân dân các quận, huyện; Sở ban ngành có liên quan của khu vực nghiên cứu.

- Dữ liệu sức khỏe, số liệu dịch tễ học: Số liệu ca bệnh liên quan đến ONKK, số ca tử vong, từ các bệnh viện, cơ sở y tế, Trung tâm Kiểm soát bệnh tật, Sở Y tế.

Phương pháp kiểm kê khí thải

Kiểm kê khí thải bằng phương pháp sử dụng hệ số phát thải

Để kiểm kê các chất ONKK bằng phương pháp sử dụng hệ số phát thải (HSPT) phát sinh từ các nguồn điểm, nguồn đường, nguồn diện và nguồn sinh học, nghiên cứu áp dụng công thức tính tải lượng khí thải như sau:

$$E_i = A \times EF_i \times \frac{100 - ER_i}{100} \times F \quad (1)$$

Trong đó:

- E_i : Mức phát thải của chất ô nhiễm i phát thải từ nguồn thải.

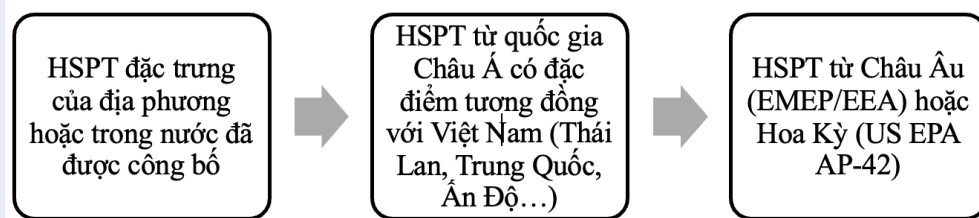
- EF_i : Hệ số phát thải của chất ô nhiễm i .

- A : Mức độ hoạt động của nguồn thải (mức tiêu thụ nguyên liệu, nhiên liệu, quy mô sản phẩm, ...).

- ER_i : Hiệu suất xử lý chất ô nhiễm của nguồn thải (%), trường hợp nguồn thải không có hệ thống xử lý khí thải $ER_i = 0$.

- F : Hệ số chuyển đổi đơn vị.

Việc áp dụng HSPT được thực hiện theo Công văn 1074/BTNMT-KSONMT ngày 21 tháng 02 năm 2024 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về Hướng dẫn kỹ thuật kiểm kê phát thải bụi và khí thải từ nguồn



Hình 1: Thứ tự lựa chọn hệ số phát thải khí thải [Nguồn: Nhóm tác giả]

điểm, nguồn điện và nguồn đường. Công văn 1074/BTNMT-KSONMT đã liệt kê các bộ HSPT từ các nghiên cứu trong nước, các quốc gia Châu Á, Châu Âu và Hoa Kỳ. Thứ tự lựa chọn HSPT như Hình 1. Riêng nguồn đường, cụ thể là giao thông đường bộ, nghiên cứu đề xuất sử dụng thêm bộ HSPT từ nghiên cứu của tác giả Hồ Minh Dũng (2011).¹⁰

Kiểm kê khí thải sử dụng mô hình hóa

Bên cạnh sử dụng HSPT để KKKT, nghiên cứu cũng đề xuất phương pháp mô hình hóa để tính tải lượng khí thải nguồn giao thông đường bộ, vì đây là nguồn có nhiều hoạt động phức tạp với nhiều loại phương tiện lưu thông, nên việc sử dụng mô hình sẽ giúp tối ưu thời gian, tăng độ chính xác của kết quả. Hiện nay, có rất nhiều mô hình được thiết lập để tính tải lượng phát thải nguồn đường như COPERT IV, AirEMIS, MOBILE 6, Cirul'Air và EMISENS. Đặc biệt, mô hình AirEMIS được thiết kế tính tải lượng của nguồn đường (đường bộ, hàng không), nguồn điểm, sinh hoạt và sinh học. Điểm chung của các mô hình này là đều được phát triển dựa trên lý thuyết của CORINAIR. Các mô hình COPERT IV, AirEMIS, MOBILE 6, Cirul'Air có cách tiếp cận bottom-up, phù hợp với các quốc gia phát triển hơn. Trong khi đó, mô hình EMISENS có cách tiếp cận kết hợp bottom-up và top-down, có thể triển khai linh hoạt tại cả các quốc gia phát triển và đang phát triển. Ưu thế của các mô hình là đều cho kết quả với độ chính xác cao, một số mô hình sử dụng HSPT trong tính toán (Cirul'Air, EMISENS). Hạn chế của các mô hình là yêu cầu số liệu đầu vào chi tiết, trình độ chuyên sâu, chi phí cao gây tốn kém. Tùy điều kiện thực tế tại địa phương, có thể sử dụng một trong số các mô hình trên để thực hiện KKKT đối với nguồn giao thông đường bộ.

Phương pháp hệ thống thông tin địa lý (GIS)

Phương pháp GIS được sử dụng để phân bố tải lượng các chất ô nhiễm không khí (ONKK) của các nguồn thải theo không gian nhằm xác định khu vực gây ô nhiễm, chuẩn hóa không gian dữ liệu phát thải đồng

thời làm đầu vào cho bước mô phỏng nồng độ các chất ONKK bằng mô hình CLKK. Trong nghiên cứu này, hai phần mềm GIS phổ biến là ArcGIS và MapInfo được sử dụng. Quy trình thực hiện gồm 7 bước: (i) tạo lập cơ sở dữ liệu, (ii) tạo ô lưới cho khu vực nghiên cứu, (iii) số hóa và gán dữ liệu phát thải vào GIS, (iv) chồng lớp và cắt lớp ô lưới, (v) tính phát thải từng mảnh và gộp ô lưới, (vi) gán các giá trị đã tính vào ô lưới có cùng vị trí và (vii) xuất dữ liệu phân bố lên bản đồ. Sản phẩm đầu ra là bản đồ phân bố tải lượng phát thải trung bình trong từng ô lưới.

Phương pháp mô hình hóa

Mô hình mô phỏng khí tượng

Mô hình mô phỏng khí tượng được sử dụng để dự báo các thông số khí tượng, cung cấp dữ liệu đầu vào cho mô hình mô phỏng CLKK. Các mô hình khí tượng sử dụng dữ liệu quan trắc tại địa phương để hiệu chỉnh và kiểm định, đồng thời khai thác dữ liệu khí tượng toàn cầu nhằm thiết lập điều kiện biên cho khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu đã đề xuất một số mô hình khí tượng phổ biến hiện nay bao gồm: mô hình MM5 (Mesoscale Model), WRF được Trung tâm nghiên cứu khí tượng Mỹ (NCAR) phát triển, mô hình FVM (Finite Volume Model) được xây dựng bởi LPAS-EPFL. Dữ liệu đầu vào của các mô hình này được thu thập từ trạm quan trắc mặt đất, bóng thám không, ảnh vệ tinh và máy bay, sau đó được xử lý và hiệu chỉnh trước khi sử dụng trong mô hình dự báo khí tượng khu vực.

Mỗi mô hình khí tượng đều có những ưu điểm và hạn chế nhất định. FVM có độ chính xác cao, ổn định và mô phỏng tốt địa hình phức tạp nhưng đòi hỏi dữ liệu đầu vào và kỹ thuật cao. MM5 từng được ứng dụng rộng rãi nhưng hiện không còn cập nhật, độ phân giải thấp. WRF là mô hình hiện đại, linh hoạt, hỗ trợ nhiều tham số hóa và ứng dụng đa dạng, song yêu cầu tài nguyên tính toán lớn và nhạy cảm với chất lượng đầu vào. Tùy điều kiện thực tế tại mỗi địa phương, có thể sử dụng mô hình FVM, NM5 hoặc WRF để sử dụng làm mô hình mô phỏng khí tượng cho khu vực nghiên cứu.

Mô hình mô phỏng chất lượng không khí

Phương pháp mô phỏng CLKK bằng mô hình được sử dụng trong nghiên cứu nhằm mô phỏng CLKK tại địa phương. Các mô hình mô phỏng CLKK phổ biến hiện nay có thể phân loại theo ba nhóm chính: Gaussian, Lagrangian và Eulerian. Trong đó:

Mô hình Gaussian, tiêu biểu là AERMOD, thường được sử dụng để mô phỏng phát thải từ nguồn điểm như ống khói, nhà máy và giao thông, với ưu điểm là cấu trúc đơn giản, dễ triển khai nhưng bị giới hạn về phạm vi ứng dụng và yêu cầu tham số hóa dữ liệu khí tượng đầu vào.

Mô hình Lagrangian mô phỏng chuyển động chất ô nhiễm dưới dạng hạt có quỹ đạo, phù hợp cho các nguồn điểm, tuyến và diện, đặc biệt là trong mô phỏng phóng xạ khí quyển; TAPM là một đại diện điển hình có khả năng mô phỏng đồng thời điều kiện khí tượng và CLKK, tuy nhiên còn hạn chế trong xử lý các quá trình vật lý phức tạp.

Mô hình Eulerian như TAPOM hoặc CTM, sử dụng lưới cố định để mô phỏng sự biến đổi của chất ô nhiễm trong không gian và thời gian, tích hợp tốt các quá trình vật lý và hóa học khí quyển, thích hợp cho các nguồn thải quy mô lớn như đô thị, khu công nghiệp và khai thác khoáng sản.

AERMOD đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới để mô phỏng phát thải giao thông và đánh giá tác động sức khỏe. Tại Việt Nam, mô hình này cũng được sử dụng trong các nghiên cứu liên quan đến nguồn công nghiệp và giao thông. TAPM và TAPOM được triển khai để dự báo khí tượng và mô phỏng lan truyền ô nhiễm tại các đô thị lớn. Nhìn chung, mô hình Gaussian có lợi thế về tốc độ và tính đơn giản nhưng độ chính xác hạn chế; trong khi đó, mô hình Lagrangian và Eulerian cho kết quả chi tiết hơn, xử lý được nhiều loại nguồn thải (giao thông, công nghiệp, nguồn diện), song đòi hỏi dữ liệu đầu vào chi tiết, năng lực chuyên môn cao, tài nguyên tính toán lớn và thời gian mô phỏng dài. Tùy điều kiện thực tế tại mỗi địa phương, có thể sử dụng mô hình AERMOD, TAPM, TAPOM hoặc CTM để sử dụng làm mô hình mô phỏng CLKK cho khu vực nghiên cứu.

Phương pháp phân tích đa tiêu chí AHP-TOPSIS

Phương pháp AHP

Trong nghiên cứu này, phương pháp AHP được đề xuất nhằm xác định trọng số cho các tiêu chí đánh giá và xếp hạng các giải pháp quản lý CLMTKK tại địa phương. Nghiên cứu cũng đã xây dựng hoàn chỉnh bộ tiêu chí dựa trên hai nền tảng chính là nguyên tắc xây dựng tiêu chí và khung cấu trúc. Nghiên cứu áp dụng

nguyên tắc xây dựng tiêu chí theo chỉ thị phát triển bền vững của Liên Hợp Quốc¹¹, phù hợp với định hướng phát triển bền vững quốc gia tại Quyết định 985a/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý CLKK đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2025.¹² Về khung cấu trúc, tiêu chí được tổ chức theo khung chủ đề gồm hai cấp là tiêu chí chính và tiêu chí phụ. Trong đó, các tiêu chí chính gồm 03 nhóm lĩnh vực: Kinh tế, môi trường và xã hội; 10 tiêu chí phụ được cụ thể hóa từ ba nhóm này được trình bày tại Bảng 2. Trọng số của từng tiêu chí được xác định thông qua đánh giá chuyên gia và được tính toán theo các công thức (2), (3), (4), là cơ sở để xếp hạng mức độ ưu tiên của các giải pháp (Hình 2).

Việc so sánh được thực hiện theo cặp và tổng hợp thành ma trận như công thức (1) với n cột và n hàng (n : số tiêu chí), a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của tiêu chí hàng thứ i so với tiêu chí cột thứ j , khi so sánh đối xứng ngược tiêu chí j với tiêu chí i thì $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Tầm quan trọng của cặp tiêu chí đối xứng được xác định bằng thang đánh giá từ 1 – 9 của Saaty.¹³ Sau khi tổng hợp ma trận, tính trung bình tích cho từng tiêu chí bằng Geometric Mean Method.¹⁴ Sau đó, tính trọng số W bằng cách chuẩn hóa trung bình tích.

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

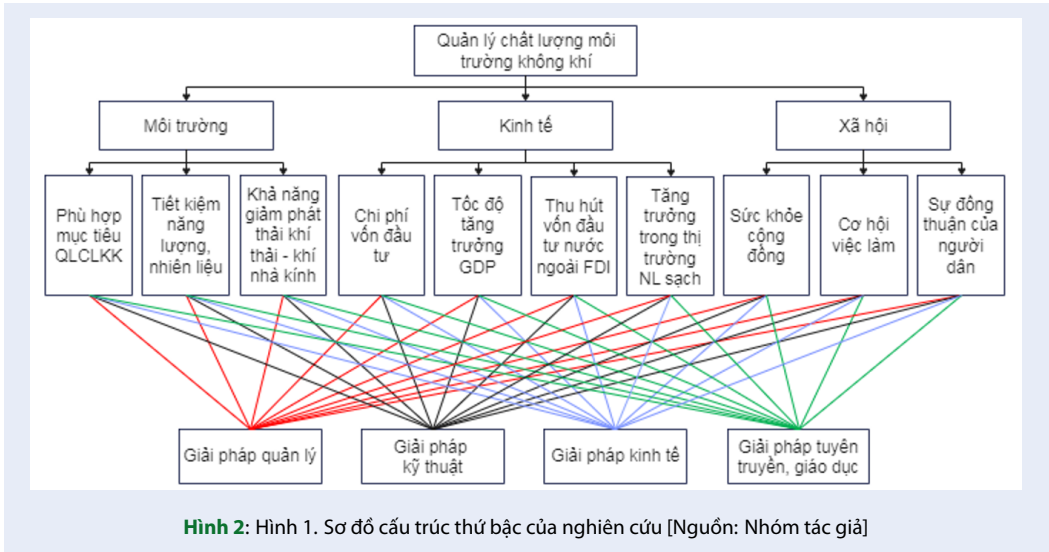
$$X_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$$W = \left(\frac{X_1}{\sum X} + \frac{X_2}{\sum X} + \cdots + \frac{X_n}{\sum X} \right) \quad (4)$$

Phương pháp AHP xác định tính nhất quán trong các so sánh cặp tiêu chí của chuyên gia thông qua tỉ số nhất quán CR theo các công thức (5) và (6)¹³, trong đó CI là chỉ số nhất quán; RI là chỉ số ngẫu nhiên, giá trị tham khảo theo Bảng 1; n : số tiêu chí của ma trận A . Nếu $CR < 0,1$ thì ma trận so sánh cặp có tính nhất quán.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$



Hình 2: Hình 1. Sơ đồ cấu trúc thứ bậc của nghiên cứu [Nguồn: Nhóm tác giả]

Bảng 1: Chỉ số ngẫu nhiên RI [13]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Bảng 2: Bộ tiêu chí để đánh giá các giải pháp ưu tiên trong quản lý CLMTKK cấp tỉnh [Nguồn: Nhóm tác giả]

Tiêu chí chính	Tiêu chí phụ	Diễn giải
Môi trường	Phù hợp với mục tiêu quản lý CLMTKK	Giải pháp để ra có đáp ứng được mục tiêu quản lý CLMTKK của khu vực.
	Tiết kiệm tiêu thụ năng lượng, nhiên liệu	Đánh giá mức độ tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu tiêu thụ của một giải pháp.
	Khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính	Đánh giá khả năng giảm ONKK, khả năng đạt Quy chuẩn cho phép khi thực hiện các giải pháp
Kinh tế	Chi phí đầu tư	Đánh giá chi phí vốn đầu tư cho giải pháp có hợp lý và phù hợp với ngân sách của địa phương.
	Tốc độ tăng trưởng (GDP)	Đóng góp của giải pháp đến tốc độ phát triển kinh tế địa phương, (thúc đẩy hay kìm hãm tăng trưởng GDP).
	Thu hút vốn đầu tư nước ngoài (FDI)	Đánh giá khả năng thu hút vốn đầu tư nước ngoài của giải pháp.
	Tăng trưởng trong thị trường năng lượng sạch	Tiềm năng phát triển thị trường năng lượng sạch và sự phù hợp với định hướng tăng trưởng xanh của địa phương.
Xã hội	Sức khỏe cộng đồng	Đánh giá hiệu quả cải thiện sức khỏe cộng đồng, đặc biệt trong việc giảm bệnh lý liên quan đến ONKK.
	Cơ hội việc làm	Khả năng tạo việc làm và tăng thu nhập cho người dân khi triển khai giải pháp.
	Sự đồng thuận của người dân	Mức độ đồng ý tham gia và hỗ trợ của người dân khi thực hiện giải pháp.

Phương pháp TOPSIS

Sau khi xác định trọng số các tiêu chí bằng AHP, phương pháp TOPSIS được sử dụng để lựa chọn giải pháp tối ưu trong quản lý CLMTKK cho khu vực nghiên cứu. Các giải pháp đề xuất được phân chia thành 04 nhóm: Quản lý, kỹ thuật, kinh tế và tuyên truyền, giáo dục (Hình 2). Điểm đánh giá mức độ quan trọng của các giải pháp được xác định bằng thang đánh giá từ 1 – 9 của Saaty.¹⁵ Các bước thực hiện gồm: (1) Thu thập dữ liệu: Sử dụng khảo sát chuyên gia để đánh giá các giải pháp theo thang điểm Likert và tiêu chí đã xác định. (2) Chuẩn hóa dữ liệu: Đưa các dữ liệu khác nhau về cùng một thang đo để thuận tiện so sánh. (3) Tạo ma trận quyết định có trọng số: Xây dựng ma trận chuẩn hóa trọng số để thể hiện mối liên hệ giữa các tiêu chí. (4) Xác định giải pháp lý tưởng: Xác định giá trị tối ưu và ít tối ưu nhất của từng tiêu chí. (5) Tính khoảng cách đến giải pháp lý tưởng: Sử dụng công thức Euclidean để đo khoảng cách từ mỗi giải pháp đến từng giải pháp. (6) Tính hệ số lân cận (CI): Xác định độ gần của mỗi giải pháp với giải pháp lý tưởng để xếp hạng mức độ ưu tiên. Kết quả là bảng xếp hạng các giải pháp quản lý CLMTKK cho khu vực nghiên cứu, giúp chọn ra giải pháp ưu tiên.

Các chuyên gia được lựa chọn tham gia khảo sát theo phương pháp AHP-TOPSIS dựa trên tiêu chí về chuyên môn, lĩnh vực nghiên cứu, kinh nghiệm thực tiễn và mức độ am hiểu khu vực nghiên cứu. Thành phần chuyên gia bao gồm cả trong nước và quốc tế, có nền tảng vững chắc về phân tích đa tiêu chí và chuyên ngành liên quan như môi trường, kinh tế, y tế công cộng và quản lý CLKK. Để đảm bảo tính khách quan, các chuyên gia được tuyển chọn từ nhiều đơn vị: trường đại học, viện nghiên cứu, cơ quan quản lý, tổ chức tài chính, trung tâm y tế, tổ chức phi chính phủ và tư vấn môi trường. Về số lượng chuyên gia, theo Susanne,¹⁶ số lượng chuyên gia phù hợp thường dao động từ 10–50 người, trong đó 10–15 người được xem là tối ưu để đảm bảo tính toàn diện, tùy theo phạm vi và mục tiêu nghiên cứu. Trong khi đó, Saaty¹⁷ cho rằng nhóm từ 3–7 chuyên gia, nếu được lựa chọn kỹ lưỡng, là đủ để đảm bảo tính khả thi và độ tin cậy. Tùy điều kiện cụ thể, địa phương có thể điều chỉnh số lượng và cơ cấu chuyên gia để phù hợp điều kiện thực tiễn và yêu cầu đánh giá.

KẾT QUẢ VÀ THẢO

Kết quả khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK

Nghiên cứu đã đề xuất khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK cho các tỉnh, thành phố tại Việt

Nam, (Hình 4). Khung phương pháp gồm 06 bước, cụ thể như sau:

Thu thập, phân tích và tổng hợp dữ liệu (bước 1)

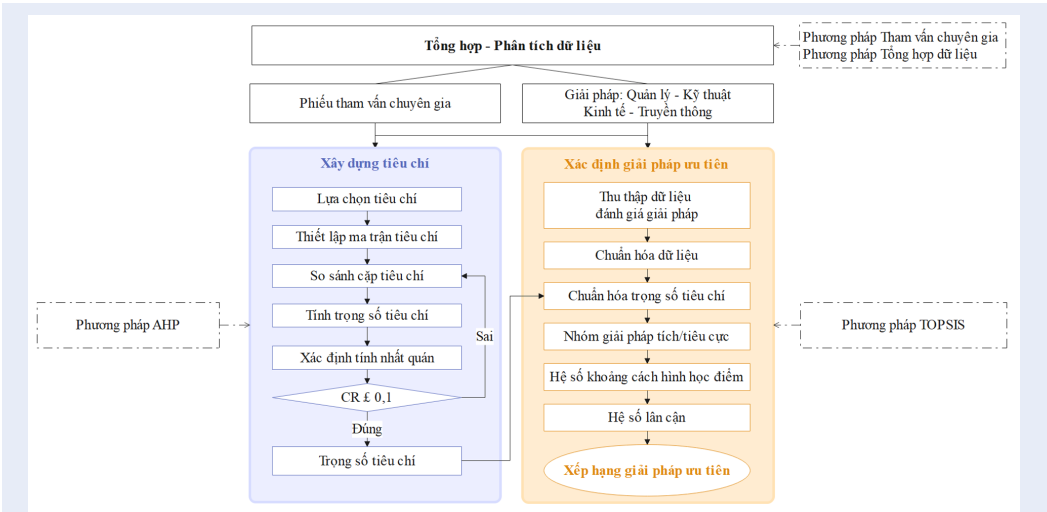
Hoạt động thu thập, phân tích và tổng hợp dữ liệu được thực hiện nhằm xây dựng một cơ sở dữ liệu tổng hợp phục vụ đánh giá và quản lý CLMTKK. Các nhóm dữ liệu chính bao gồm: dữ liệu quan trắc CLMTKK; thông tin về hệ thống chính sách và hoạt động quản lý CLMTKK hiện hành; dữ liệu khí tượng; dữ liệu về nguồn thải; tình hình phát triển KT-XH; quy hoạch tổng thể và quy hoạch chuyên ngành (bao gồm quy hoạch tài nguyên, môi trường, giao thông, xây dựng, KCX-KCN); các loại bản đồ hành chính, địa hình, cùng với dữ liệu về sức khỏe cộng đồng và dịch tễ của địa phương. Chi tiết các loại dữ liệu cần thu thập cũng như phương pháp thu thập được trình bày cụ thể tại mục 2.1.1 của nghiên cứu này.

Đánh giá hiện trạng, diễn biến và các yếu tố tác động đến CLMTKK (bước 2)

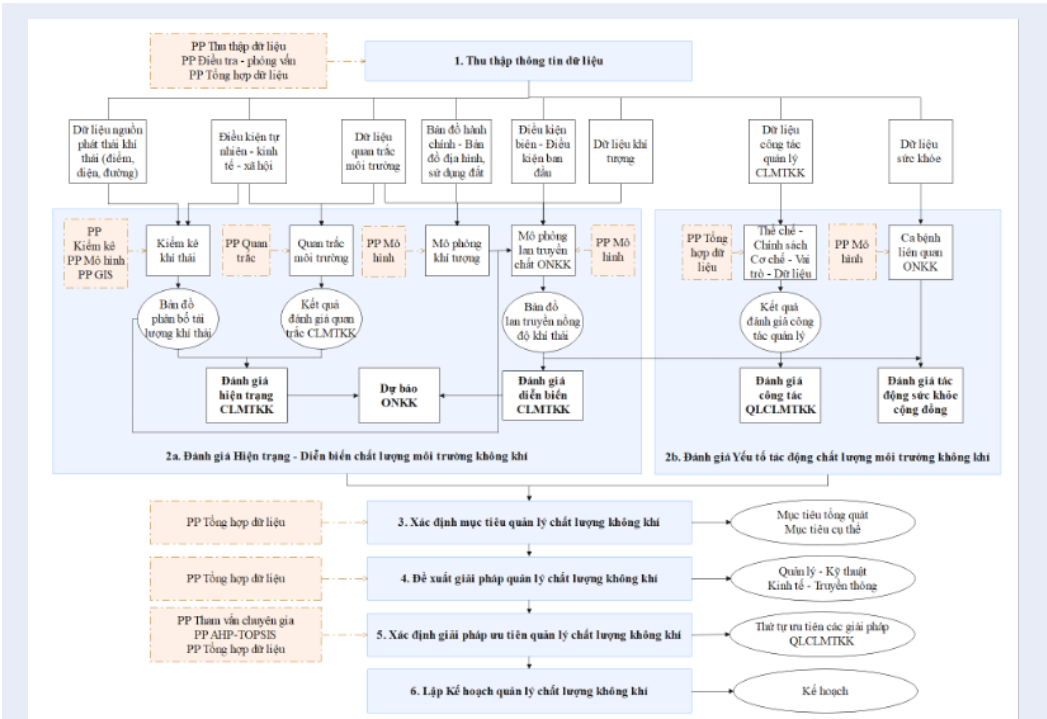
Để xây dựng phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK, nghiên cứu đã xác định bốn nội dung trọng tâm cần được đánh giá, bao gồm: (i) hiện trạng CLMTKK; (ii) diễn biến CLMTKK; (iii) công tác quản lý CLMTKK và (iv) ảnh hưởng của ONKK đến sức khỏe cộng đồng. Việc đánh giá toàn diện các nội dung trên cho phép nghiên cứu nhận diện đầy đủ bức tranh hiện trạng quản lý CLMTKK tại khu vực nghiên cứu, đồng thời xác định rõ các tồn tại, hạn chế cần được khắc phục trong quá trình hoạch định và triển khai chính sách quản lý.

Trong bước này, hiện trạng và diễn biến CLMTKK tại khu vực nghiên cứu được đánh giá dựa trên số liệu từ các trạm quan trắc không khí. Trong trường hợp mạng lưới quan trắc chưa bao phủ đầy đủ hoặc có thiếu hụt dữ liệu do nguyên nhân khách quan, có thể bổ sung đo đạc tại một số vị trí đại diện. Tuy nhiên, do số lượng trạm quan trắc tại các địa phương thường còn hạn chế và tần suất đo chưa cao, việc đánh giá chính xác hiện trạng CLMTKK theo không gian đòi hỏi phải kết hợp nhiều nguồn dữ liệu. Do đó, bên cạnh việc sử dụng số liệu quan trắc hiện có, nghiên cứu đề xuất và đưa ra các phương pháp KKKT từ các nguồn phát thải, lập bản đồ phân bố tải lượng khí thải trong không gian bằng công cụ GIS và mô phỏng lan truyền ONKK, để hoàn thiện bức tranh chất lượng không khí của khu vực nghiên cứu.

Song song với đánh giá hiện trạng môi trường, nghiên cứu cũng tiến hành phân tích công tác quản lý CLMTKK tại địa phương. Nội dung đánh giá bao gồm



Hình 3: Quy trình xác định giải pháp ưu tiên trong quản lý kết hợp AHP-TOPSIS [Nguồn: Nhóm tác giả]



Hình 4: Khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK cấp tỉnh [Nguồn: Nhóm tác giả]

hệ thống chính sách, các giải pháp đã triển khai, mức độ phối hợp liên ngành, hiệu quả quản lý và các tồn tại, bất cập trong thực tiễn. Kết quả đánh giá là cơ sở để xác lập mục tiêu quản lý CLMTKK phù hợp với điều kiện địa phương và đề xuất các giải pháp quản lý khả thi.

Cuối cùng, nghiên cứu đánh giá tác động của ONKK đến sức khỏe cộng đồng thông qua việc thu thập dữ liệu bệnh tật, tử vong có liên quan đến ONKK. Phân tích mối tương quan giữa ONKK và các bệnh lý hô hấp hoặc tim mạch nhằm làm rõ ảnh hưởng tiêu cực của ONKK đối với sức khỏe người dân tại khu vực nghiên cứu.

Xác định mục tiêu quản lý chất lượng môi trường không khí (bước 3)

Dựa trên đánh giá tổng thể hiện trạng CLKK và công tác quản lý tại địa phương, xác định các tồn tại trong quản lý, nguyên nhân chính gây ONKK, cũng như tỷ lệ đóng góp của các nguồn phát thải. Những kết quả này là cơ sở để xác lập mục tiêu quản lý CLMTKK phù hợp với điều kiện thực tiễn, đồng thời định hướng đề xuất các giải pháp kiểm soát khả thi và hiệu quả.

Đề xuất giải pháp quản lý CLMTKK cho khu vực nghiên cứu (bước 4)

Sau khi xác lập mục tiêu quản lý CLMTKK, nghiên cứu đề xuất hệ thống giải pháp toàn diện, phân thành bốn nhóm: quản lý, kỹ thuật, kinh tế và truyền thông. Mỗi nhóm bao gồm các phương án cụ thể được thiết kế phù hợp với mục tiêu quản lý đã đề ra nhằm kiểm soát và giảm thiểu các tác nhân gây ONKK đã được nhận diện ở bước 2.

Xác định giải pháp ưu tiên trong quản lý CLMTKK (bước 5)

Nghiên cứu đã xây dựng quy trình chi tiết ứng dụng phương pháp phân tích đa tiêu chí tích hợp AHP và TOPSIS nhằm xác định các giải pháp ưu tiên trong quản lý CLMTKK. Trong đó, AHP được sử dụng để xác định trọng số tương đối của các tiêu chí thông qua so sánh cặp, còn TOPSIS cho phép xếp hạng các giải pháp dựa trên mức độ gần với giải pháp lý tưởng tích cực và xa với giải pháp lý tưởng tiêu cực. Các giải pháp được lựa chọn phải đáp ứng đồng thời mục tiêu giảm thiểu ONKK, phù hợp với điều kiện và nguồn lực thực tế của địa phương, đồng thời đảm bảo hiệu quả kinh tế, cải thiện sức khỏe cộng đồng, tạo việc làm và nhận được sự đồng thuận xã hội.

Lập kế hoạch quản lý CLMTKK (bước 6)

Trên cơ sở đánh giá hiện trạng CLMTKK, công tác quản lý, nguyên nhân gây ô nhiễm, mục tiêu quản lý

và các giải pháp ưu tiên đề xuất, cơ quan quản lý tiến hành xây dựng Kế hoạch quản lý CLMTKK để tổ chức triển khai thực hiện. Đây là văn bản pháp lý do cơ quan có thẩm quyền ban hành, bao gồm hệ thống giải pháp tổng thể, trong đó có các giải pháp ưu tiên và các hoạt động cần thiết nhằm kiểm soát ONKK, cải thiện CLMTKK theo lộ trình và khung thời gian cụ thể tại các tỉnh, thành phố của Việt Nam.

Kết quả ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Phúc

Kết quả ứng dụng phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK tại tỉnh Vĩnh Phúc cho thấy khả năng ứng dụng có hiệu quả cao trong công tác đánh giá hiện trạng CLKK, đưa ra bức tranh tổng thể về phát thải và công tác quản lý tại Vĩnh Phúc. Kết quả ứng dụng cho thấy phát thải chủ yếu đến từ (1) nguồn giao thông mà cụ thể là xe máy và xe tải. (2) Nguồn điểm (nguồn công nghiệp) chủ yếu là sản xuất kim loại, ô tô, vật liệu xây dựng và (3) sinh hoạt do quá trình đốt nhiên liệu và đốt rơm rạ. Thành phố Vĩnh Yên, huyện Bình Xuyên là khu vực ô nhiễm cao; các chất ô nhiễm chính gồm CO, NO_x, SO₂, TSP, PM_{2.5}, trong đó xe máy chiếm hơn 90% phát thải CO và đốt rơm rạ chiếm gần 30% phát thải PM_{2.5}.

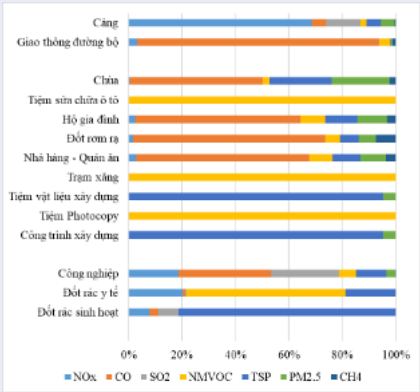
Phân tích AHP-TOPSIS xác định nhóm giải pháp ưu tiên chủ yếu thuộc lĩnh vực quản lý và kỹ thuật. Cụ thể là các giải pháp về Quy hoạch hạ tầng giao thông và khu công nghiệp; phân công rõ trách nhiệm giữa các cơ quan quản lý; kiểm soát bụi, khí thải; chuyển đổi nhiên liệu sạch; phát triển giao thông xanh và tái sử dụng rơm rạ được cho là mang lại hiệu quả tích cực. Các giải pháp có mức độ ưu tiên thấp hơn tập trung vào nhóm giải pháp mềm như truyền thông, đào tạo cán bộ, phát triển thị trường năng lượng sạch.

KẾT LUẬN

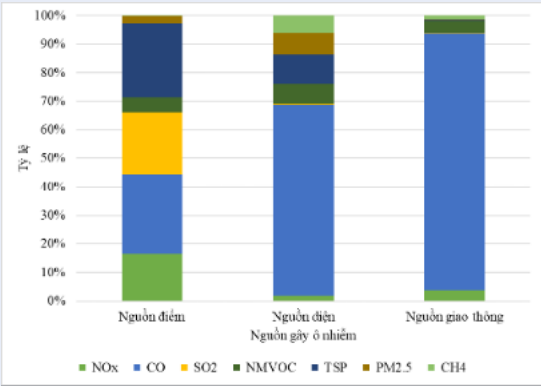
Nghiên cứu đã xây dựng được khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK phù hợp với điều kiện tại Việt Nam, đóng vai trò là cơ sở dữ liệu khoa học và nền tảng thực tiễn phục vụ xây dựng kế hoạch quản lý CLMTKK tại các địa phương, với tiềm năng ứng dụng rộng rãi trên phạm vi toàn quốc. Tuy nhiên, việc triển khai đầy đủ 06 bước trong khung phương pháp này đòi hỏi nguồn lực đáng kể, đặc biệt là về nhân lực, kỹ thuật và tài chính, những yếu tố vẫn còn là thách thức lớn đối với nhiều địa phương. Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp AHP-TOPSIS để xác định các giải pháp ưu tiên trong quản lý CLKK theo cách tiếp cận tích hợp, xem xét đồng thời các khía cạnh kinh tế, môi trường và xã hội. Tuy nhiên, hiệu quả và độ tin cậy của phương pháp này phụ thuộc đáng kể vào đánh giá của chuyên gia, đòi hỏi chuyên gia tham gia phải có kiến thức sâu về phân tích đa tiêu chí cũng như

Bảng 3: Kết quả kiểm kê khí thải tại tỉnh Vĩnh Phúc¹⁸

Nguồn	NOx	CO	SO2	NMVOC	TSP	PM2,5	CH4
Nguồn điểm	1.514	2.560	1.990	486	2.366	1.796	12
Nguồn diện	372	13.243	28	1.410	2.045	1.478	1.213
Nguồn giao thông	9.559		671	11.066	939	808	3.146
Tổng	11.446	250.425	2.689	12.962	5.350	4.082	4.371



Hình 5: Tỷ lệ phát thải các nguồn ô nhiễm của Vĩnh Phúc [Nguồn:Nhóm tác giả]



Hình 6: Tỷ lệ phát thải chất ô nhiễm từ các nguồn khác nhau tại Vĩnh Phúc [Nguồn: Nhóm tác giả]

am hiểu chuyên môn về các lĩnh vực liên quan như môi trường, kinh tế, tài chính, sức khỏe cộng đồng và chính sách quản lý CLMTKK. Do đó, để nâng cao tính khách quan và độ tin cậy của kết quả, cần có nghiên cứu tiếp theo làm rõ quy trình lựa chọn chuyên gia, xác định quy mô mẫu tối ưu và cấu trúc chuyên môn phù hợp cho từng bối cảnh nghiên cứu.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

AQM: Air quality management.
ONKK: Ô nhiễm không khí.
CLKK: Chất lượng không khí.

CLMTKK: Chất lượng môi trường không khí.
AHP: Analytic Hierarchy Process.
TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution.
KKKT: Kiểm kê khí thải.
KCX-KCN: Khu chế xuất, Khu Công nghiệp.
HSPT: Hệ số phát thải.
GIS: Hệ thống thông tin địa lý.
KT-XH: Kinh tế, xã hội.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo “khung phương pháp quản lý tổng hợp chất lượng môi trường không khí tại Việt Nam: kết hợp phương pháp kiểm kê khí thải, gis, mô hình hóa và phân tích đa tiêu chí”.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Lê Thị Kim Oanh: Phương pháp thu thập, tổng hợp dữ liệu, bộ tiêu chí đánh giá giải pháp, phương pháp phân tích đa tiêu chí AHP – TOPSIS.

Hồ Quốc Bằng: Phương pháp KKKT, mô hình hóa, GIS.

Nguyễn Viết Vũ: Khung phương pháp quản lý tổng hợp CLMTKK, phương pháp KKKT, GIS, mô hình hóa, viết bản thảo, rà soát chỉnh sửa nội dung bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Zarate E, Carlosbelalcazar L, Clappier A, Manzi V, Vandenbergh H. Air quality modelling over Bogota, Colombia: Combined techniques to estimate and evaluate emission inventories, (inE). Atmospheric Environment. 2007;41(29):6302–18. Available from: <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.03.011>.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo Hiện trạng môi trường Quốc gia năm 2023 Môi trường nông thôn - Thực trạng và giải pháp. Hà Nội; 2023.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2021. Hà Nội; 2022.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo Hiện trạng môi trường quốc gia 2016–2020. Hà Nội; 2021.
5. Hoen A, Hilster D, Király J, de Vries J, de Bruyn S. Air Pollution and Transport Policies at City Level. Module 2: Policy Perspectives. CE Delft, Netherland. 2021; Available from: <https://ce.nl/publicaties/air-pollution-and-transport-policies-at-the-city-level-module-2-policy-perspectives/>.
6. Bằng HQ, et al. Nghiên cứu tính toán phát thải khí thải nguồn diện và đề xuất giảm thiểu cho Thành phố Hà Nội. Tạp chí Môi trường. 2022;p. 8–15.
7. Bằng HQ, et al. Xây dựng kế hoạch không khí sạch dựa trên cơ sở khoa học: trường hợp áp dụng cho Thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Phát Triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Tự nhiên. 2020;4(SI):S150–S163. Available from: <http://doi.org/10.32508/stdjns.v4i1.991>.
8. Ủy ban nhân dân thành phố Cần Thơ. Kế hoạch Hành động Không khí sạch thành phố Cần Thơ đến năm 2025. Cần Thơ; 2016.
9. Bang QH. Method for Developing and Implementing a Clean Air Plan in ASEAN cities: a case of Bac Ninh city, Vietnam. Journal of ANergy. 2015;.
10. Dũng HM. Ô nhiễm không khí do hoạt động giao thông ở Thành phố Hồ Chí Minh: Xác định hệ số phát thải chất ô nhiễm và mô hình hóa chất lượng không khí; 2011. 62.85.15.01.
11. undefined United Nations. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. New York: United Nations; 2007.
12. Quyết định số 985a/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Về việc phê duyệt Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý chất lượng không khí đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2025; 2016.
13. Saaty TL. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Interfaces. 1994;24(6):19–43. Available from: <http://doi.org/10.1287/inte.24.6.19>.
14. Ly CD. Environmental System Analysis. Ho Chi Minh City: Vietnam National University Ho Chi Minh City. Ho Chi Minh City: Vietnam National University Ho Chi Minh City; 2017. p. 301.
15. Saaty TL. What is the analytic hierarchy process? Mathematical. Springer; 1988.
16. Iqbal S, Pipon-Young L. The Delphi method; 2009.
17. Saaty TL. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research. 1990;48(1):9–26. Available from: [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](http://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I).
18. Quynh PH. Air emission inventory and air quality modeling for developing countries: A case of Vinh Phuc province, Vietnam. In: {IOP} {Conf. {Series: {Earth and {Environmental {Scienc; 2023.



An Integrated Framework for Air Quality Management in Vietnam: Combining Emission Inventory, GIS, Modeling, and Multi-Criteria Decision Analysis

Nguyen Viet Vu ^{1,*}, Le Thi Kim Oanh ¹, Ho Quoc Bang ^{2,3}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Air pollution is currently one of the most serious challenges to public health and sustainable development. In Vietnam, although there have been positive improvements in managing air quality recently, many local programs still lack a strong scientific basis and effective techniques to identify which air quality management (AQM) solutions should be prioritized. Because of this, efforts to reduce air pollution are often scattered, unfocused, and not as effective as they could be. This study presents an integrated AQM framework tailored to Vietnam context. The framework combines four key approaches: emission inventory, geographic information systems (GIS), air pollution dispersion modeling and multi-criteria decision analysis, especially the combined AHP-TOPSIS method. It outlines six clear steps designed to provide a thorough way to manage air quality and help decide which solutions should come first. Within this framework, ten criteria have been developed to evaluate and prioritize these solutions. This approach can be applied widely across different provinces and cities in Vietnam, covering all major sources of air pollution such as industrial points, traffic, area-wide sources, and natural biological sources. Not only does this method ensure a systematic and practical way to manage air quality, but it also helps build a solid scientific basis for policy-making, ultimately improving how effectively Vietnam controls air pollution.

Key words: Air quality, AHP-TOPSIS, Integrated management, Multi-criteria analysis, Priority solutions.

¹Faculty of Environment, Van Lang University, Vietnam

²Institute for Environment and Resources -IER, Vietnam

³Institute for Leadership Capacity Development, Vietnam

Correspondence

Nguyen Viet Vu, Faculty of Environment, Van Lang University, Vietnam

Email: vu.nv@vlu.edu.vn

History

- Received: 22-05-2025
- Revised: 13-06-2025
- Accepted: 23-12-2025
- Published Online: 09-01-2025

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v10i1.820>



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : N V V, L T K O, H Q B. An Integrated Framework for Air Quality Management in Vietnam: Combining Emission Inventory, GIS, Modeling, and Multi-Criteria Decision Analysis. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2026; 10(1):1183-1193.