

TĂNG CƯỜNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ 4.0 TRONG QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG CÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM

PHẠM THỊ HƯƠNG GIANG*

Trong bối cảnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa đang diễn ra mạnh mẽ trên phạm vi toàn cầu, việc ứng dụng công nghệ 4.0 vào các lĩnh vực, trong đó có quản lý môi trường công nghiệp ngày càng trở nên cấp thiết. Tại Việt Nam, quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa cũng diễn ra nhanh chóng, mang lại những thành tựu phát triển kinh tế - xã hội, tuy nhiên, quá trình này cũng đang đặt ra nhiều thách thức trong kiểm soát ô nhiễm môi trường, sử dụng tài nguyên hiệu quả và bảo đảm cho sự phát triển bền vững. Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu tăng cường ứng dụng các công nghệ mới vào công tác giám sát, cảnh báo và xử lý môi trường công nghiệp không chỉ mang lại hiệu quả quản lý vượt trội, mà còn là yêu cầu tất yếu nhằm hiện đại hóa hoạt động quản trị môi trường theo hướng chủ động, minh bạch, kịp thời và ngày càng thông minh hơn.

Từ khóa: Quản lý môi trường; môi trường công nghiệp; công nghệ 4.0; công nghiệp hóa.

In the context of rapid global industrialization and modernization, the application of Industry 4.0 technologies across various fields, including industrial environmental management, has become increasingly essential. In Vietnam, the industrialization and modernization process has progressed swiftly, bringing significant socio-economic achievements while also posing major challenges in controlling environmental pollution, utilizing resources efficiently, and ensuring sustainable development. Given this reality, strengthening research and applying advanced technologies in monitoring, warning, and treating industrial environmental issues not only improves management efficiency but also represents an inevitable requirement for modernizing environmental governance toward a more proactive, transparent, timely, and intelligent approach.

Keywords: Environmental management; industrial environment; Industry 4.0; industrialization.

NGÀY NHẬN: 21/8/2025 NGÀY PHẢN BIỆN, ĐÁNH GIÁ: 25/9/2025 NGÀY DUYỆT: 16/10/2025

DOI: <https://doi.org/10.59394/qlnn.357.2025.1322>

1. Những kết quả đạt được trong việc ứng dụng công nghệ 4.0 vào quản lý môi trường công nghiệp

Thứ nhất, về thể chế, chính sách.

Những năm gần đây, Đảng và Nhà nước đã ban hành nhiều chủ trương, chính sách

chiến lược nhằm định hướng và tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng công nghệ 4.0, Internet vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), dữ

* TS, Viện Nhà nước và Pháp luật, Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam

liệu lớn (Big Data), điện toán đám mây (Cloud Computing), tự động hóa... vào các lĩnh vực kinh tế - xã hội nói chung và hoạt động quản lý môi trường công nghiệp nói riêng. Điển hình là Nghị quyết số 52-NQ/TW ngày 27/9/2019 của Bộ Chính trị về một số chủ trương, chính sách chủ động tham gia cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, trong đó nhấn mạnh mục tiêu phát triển mạnh kinh tế số, đổi mới sáng tạo và thúc đẩy quá trình chuyển đổi số để hiện đại hóa đất nước, bao gồm cả lĩnh vực môi trường. Thống nhất chủ trương đó, ngày 20/4/2020, Chính phủ đã ban hành Nghị quyết số 50-NQ/CP triển khai cụ thể lộ trình hành động, đưa các định hướng của Nghị quyết số 52-NQ/TW vào thực thi, bao gồm cả việc thúc đẩy ứng dụng công nghệ trong quản lý môi trường công nghiệp.

Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 (có hiệu lực từ ngày 01/01/2022), lần đầu tiên quy định rõ về hệ thống quan trắc môi trường tự động và liên tục (Điều 106); đồng thời, yêu cầu kết nối dữ liệu trực tiếp từ hệ thống này đến cơ quan quản lý nhà nước nhằm tăng cường khả năng giám sát thời gian thực và minh bạch thông tin. Đặc biệt, Điều 111 - 112 quy định các đối tượng bắt buộc phải thực hiện quan trắc nước thải và khí thải tự động, liên tục; đồng thời, quy định dữ liệu thu được về cần được truyền trực tiếp về cơ quan chuyên môn về bảo vệ môi trường cấp tỉnh. Tiếp đó, Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 17/02/2022 của Chính phủ cũng đã hướng dẫn thi hành *Luật Bảo vệ môi trường năm 2020* về quy định quan trắc tự động, xác định rõ đối tượng và thời hạn lắp đặt hệ thống quan trắc, như các dự án, cơ sở có nguy cơ cao hoặc lưu lượng xả thải đạt mức trung bình trở lên và hạn chót để hoàn thành là ngày 31/12/2024.

Thứ hai, về hạ tầng công nghệ và triển khai kỹ thuật.

Một số địa phương công nghiệp trọng điểm ở Việt Nam đã triển khai hệ thống công nghệ giám sát môi trường quy mô lớn, đổi mới

phương thức quản lý theo hướng thông minh và minh bạch. Tại khu Công viên phần mềm Quang Trung (QTSC) ở TP. Hồ Chí Minh cũng đã ứng dụng hệ thống SCADA tự động để giám sát chất lượng nước ngầm nội khu gồm các chỉ số như pH và clo thô, mực nước động - tĩnh. Dữ liệu được truyền tự động liên tục về Trung tâm Quan trắc Môi trường - Sở Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh, hỗ trợ công tác quản lý hiệu quả và tuân thủ giám sát môi trường¹. Ngoài các đô thị lớn, tiểu vùng Trung Bộ - Tây Nguyên cũng có sự chuyển đổi rõ rệt về kỹ thuật. Đài Khí tượng Thủy văn Trung Bộ đã triển khai mạng lưới 458 trạm tự động và 163 trạm thủ công tại các tỉnh, thành phố: Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Trị, Huế, Đà Nẵng, Quảng Ngãi, Gia Lai, Đắk Lắk, Khánh Hòa, với dữ liệu được tập trung về Trung tâm điều hành tại Đà Nẵng, truyền liên tục qua mạng di động. Hệ thống còn áp dụng thêm AI và SCADA để tối ưu chức năng cảnh báo và giảm gánh nặng giám sát thủ công. Nhờ mạng lưới trạm quan trắc cung cấp dữ liệu nền tảng để xây dựng các bản tin dự báo chính xác, kịp thời, đã góp phần giúp hàng nghìn sinh mạng và hàng nghìn tỷ đồng tài sản được bảo vệ².

Qua thực tiễn cho thấy, hạ tầng công nghệ và giải pháp kỹ thuật ứng dụng công nghệ 4.0 trong quản lý môi trường công nghiệp đang phát triển sâu rộng với quy mô và tính ứng dụng cao. Những biện pháp này đã giúp nâng cao khả năng giám sát, cảnh báo và xử lý vi phạm, đóng góp tích cực vào việc hiện thực hóa mô hình quản lý môi trường thông minh tại các địa phương và khu vực trọng điểm ở nước ta.

Thứ ba, về sự tham gia của doanh nghiệp.

Nhiều tập đoàn và doanh nghiệp quy mô lớn tại Việt Nam đã tiên phong áp dụng công nghệ 4.0 nhằm nâng cao năng lực quản lý môi trường công nghiệp và từng bước hiện đại hóa hoạt động sản xuất. Trong đó, có thể kể đến Tập đoàn Vinamilk đã triển khai mô hình “mega-dairy” bằng hệ thống tự động hóa và số hóa toàn bộ quy trình sản xuất sữa; đồng

thời, giảm thiểu tác động môi trường trong các hoạt động công nghiệp sửa. Tương tự, Tập đoàn Hòa Phát cũng đang đầu tư xây dựng nhà máy luyện thép theo chuẩn Industry 4.0, hợp tác với các đối tác với Nhật Bản và Primetals Technologies để thiết lập dây chuyền sản xuất thông minh, tích hợp các cảm biến giám sát môi trường, tự động hóa vận hành và tối ưu hóa vật liệu và năng lượng tiêu thụ. Tập đoàn FPT - một trong những đơn vị “tiên phong công nghệ” tại Việt Nam cũng đã mở rộng đầu tư vào các giải pháp AI và Big Data phục vụ cho ngành quản lý môi trường, như: phân tích dữ liệu khí thải, xử lý chất thải công nghiệp cũng như hỗ trợ các Sở Tài nguyên và Môi trường trong việc đánh giá và cảnh báo rủi ro môi trường dựa trên mô hình dữ liệu lớn³.

Từ những doanh nghiệp điển hình cho thấy, ngày càng có nhiều doanh nghiệp tiên phong với xu hướng vừa sản xuất, vừa quản lý sản xuất theo hướng thông minh và bền vững. Qua đó, khẳng định vai trò tích cực của các doanh nghiệp lớn trong việc phổ biến ứng dụng công nghệ hướng đến mục tiêu bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

2. Một số hạn chế và thách thức

Mặc dù Đảng và Nhà nước đã ban hành nhiều văn bản để thúc đẩy ứng dụng công nghệ 4.0, nhưng trong thực tiễn vẫn tồn tại những hạn chế. Trước hết, vẫn còn thiếu những tiêu chuẩn kỹ thuật cụ thể và thống nhất về triển khai hệ thống quan trắc môi trường thông minh, như: về chuẩn dữ liệu, giao thức kết nối và trách nhiệm chia sẻ thông tin giữa doanh nghiệp và cơ quan quản lý. Từ đó, dẫn tới việc áp dụng thiếu đồng bộ và hiệu quả trong vận hành thực tiễn.

Hiện nay, còn thiếu cơ chế điều chỉnh chính sách theo kịp với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ mới, dẫn đến khoảng trống pháp lý, thiếu hiệu lực pháp lý trong giám sát và xử lý vi phạm công nghệ cao. Ngoài ra, vẫn còn tồn tại sự thiếu đồng bộ

giữa các ngành và cấp quản lý, khi các quy định của một số bộ, ngành, địa phương về quy chuẩn, dữ liệu và quy trình chưa được thống nhất... Nhiều tổ chức, doanh nghiệp quen với phương thức giám sát thủ công truyền thống nên còn e ngại trong việc áp dụng các giải pháp IoT, AI, Big Data - vốn có khả năng nâng cao độ chính xác và hiệu quả quản lý⁴. Trong khi đó, mức độ tuân thủ pháp luật về môi trường của doanh nghiệp cũng còn chưa cao. Trước đó, Liên đoàn Thương mại và Công nghiệp Việt Nam (VCCI) từng đề xuất sáng kiến “Chỉ số Xanh cấp tỉnh”. Đây là bộ chỉ số độc lập đánh giá môi trường kinh doanh xanh cấp tỉnh, mức độ tuân thủ pháp luật về môi trường của các doanh nghiệp tại địa phương.

Về năng lực công nghệ và tài chính còn nhiều vấn đề bất cập. Theo khảo sát từ Hiệp hội Doanh nghiệp nhỏ và vừa Hà Nội, có tới 79% doanh nghiệp cho biết chưa chuẩn bị cho cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, có 55% doanh nghiệp hiện mới đang bắt đầu tìm hiểu nghiên cứu; 19% doanh nghiệp đã xây dựng kế hoạch và chỉ có 12% đang triển khai các biện pháp ứng phó, mặc dù phần lớn đã bước đầu bắt đầu nghiên cứu và tìm hiểu⁵. Trên thực tế, thiếu vốn vẫn là rào cản lớn nhất đối với các doanh nghiệp nhỏ và vừa khi muốn tiếp cận các sáng kiến xanh hoặc hệ thống công nghệ hiện đại.

Vấn đề về nhân lực chuyên môn và kỹ năng công nghệ cũng đang là điểm yếu đáng lưu ý. Theo khảo sát từ Trung tâm hỗ trợ doanh nghiệp nhỏ và vừa thuộc VCCI, có đến 77% doanh nghiệp nhỏ và vừa thiếu nhân lực chuyên môn để tiếp cận công nghệ số; hơn 65% doanh nghiệp thiếu các công ty hay chuyên gia tư vấn đủ tầm, đủ tin cậy...⁶. Điều này cho thấy, thiếu nhân sự công nghệ cũng đang là rào cản lớn khiến không ít doanh nghiệp dù có ý thức chuyển đổi. Ngoài ra, nhiều bộ, ngành vẫn thiếu hạ tầng công nghệ để triển khai hệ thống thông tin cốt lõi; dữ liệu bị lưu trữ trùng lặp, chồng chéo và thiếu chuẩn

hóa, gây khó khăn trong kết nối, khai thác cũng như chia sẻ giữa trung ương và địa phương⁷.

3. Một số giải pháp

Một là, hoàn thiện thể chế và đồng bộ hóa chính sách công nghệ môi trường.

Theo đó, cần củng cố khung pháp lý phát triển ngành công nghiệp môi trường, bao gồm hoạt động xử lý chất thải, quan trắc môi trường, chuyển giao công nghệ và tái chế. Chương trình phát triển ngành công nghiệp môi trường giai đoạn 2025 - 2030 đã được Chính phủ phê duyệt, định hướng mục tiêu đến năm 2030 đạt mức tự chủ lớn trong sản xuất công nghệ xử lý môi trường và thiết bị quan trắc, với 70 - 80% nhu cầu nội địa về xử lý nước thải được cung cấp trong nước, 50 - 60% nhu cầu tái chế chất thải rắn... Đây là nền tảng quan trọng để xây dựng chính sách ưu tiên công nghiệp môi trường và thúc đẩy chuyển giao công nghệ hiệu quả.

Cùng với đó, cần tiếp tục triển khai đồng bộ Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị, trong đó coi khoa học - công nghệ - đổi mới sáng tạo - chuyển đổi số là động lực cho phát triển bền vững. Các bộ, ngành liên quan cần sớm xây dựng hành lang pháp lý đồng bộ, nhằm tránh chồng chéo và tạo thuận lợi cho doanh nghiệp, địa phương trong việc tuân thủ và triển khai các quy định về môi trường. Ngoài ra, cần hoàn thiện cơ chế phối hợp giữa Bộ Nông nghiệp và Môi trường, Bộ Công Thương, Bộ Khoa học và Công nghệ, Bộ Tài chính... để xây dựng các chính sách ưu đãi, hỗ trợ đồng bộ, như: thuế, tín dụng, đầu tư công nghệ, hỗ trợ R&D... Qua đó, tạo điều kiện cho doanh nghiệp và địa phương chuyển dịch sang mô hình quan trắc thông minh, xử lý chất thải hiệu quả và tăng cường bảo vệ môi trường theo hướng bền vững.

Hai là, xây dựng nền tảng dữ liệu môi trường mở, kết nối và chia sẻ liên ngành.

Tiếp tục triển khai đồng bộ nền tảng dữ liệu môi trường mở, bảo đảm khả năng kết nối, tích hợp và chia sẻ thông tin liên ngành.

Theo đó, chuẩn hóa các tiêu chí dữ liệu, định dạng báo cáo và quy trình chia sẻ thông tin, bảo đảm thống nhất từ cấp doanh nghiệp đến địa phương và Trung ương. Nghị quyết số 52-NQ/TW đã khẳng định yêu cầu “xây dựng và phát triển đồng bộ hạ tầng dữ liệu quốc gia”, bảo đảm kết nối và chia sẻ trên nền tảng số, tạo định hướng quan trọng để các bộ, ngành liên quan triển khai.

Ngoài ra, để bảo đảm hiệu quả lâu dài, cần ứng dụng công nghệ Cloud Computing và AI trong xử lý Big Data về môi trường. Qua đó, giúp phát hiện bất thường, dự báo xu hướng ô nhiễm và hỗ trợ cơ quan quản lý ra quyết định chính xác hơn. Sự phối hợp giữa các cơ quan quản lý, doanh nghiệp công nghệ trong nước và đối tác quốc tế sẽ là chìa khóa để hình thành hệ sinh thái dữ liệu môi trường số toàn diện, phục vụ mục tiêu phát triển bền vững.

Ba là, hỗ trợ doanh nghiệp, đặc biệt là doanh nghiệp nhỏ và vừa ứng dụng công nghệ môi trường số.

Cần gắn cơ chế hỗ trợ vào các chương trình chiến lược quốc gia, như: Chiến lược tăng trưởng xanh 2021 - 2030 và Kế hoạch hành động quốc gia về tăng trưởng xanh 2021 - 2030. Đồng thời, triển khai các công cụ tài chính linh hoạt và phù hợp với đặc điểm doanh nghiệp nhỏ và vừa, đặc biệt là cơ chế bảo lãnh tín dụng và ưu đãi lãi suất vay đầu tư công nghệ môi trường số; tiếp tục trao quyền cho các địa phương thành lập quỹ bảo lãnh, tạo điều kiện để doanh nghiệp tiếp cận vốn ngân hàng khi đầu tư hệ thống quan trắc tự động, IoT hay SCADA.

Cùng với đó, để kích thích thị trường, Nhà nước cần thúc đẩy cơ chế mua sắm công xanh và sản xuất - tiêu dùng bền vững, qua đó, tạo “cầu thị trường” cho các giải pháp môi trường số. Đặc biệt, tăng cường tư vấn kỹ thuật, đào tạo và hỗ trợ chuyển đổi số cho doanh nghiệp. *Luật Hỗ trợ doanh nghiệp nhỏ và vừa* năm 2017 cùng với Nghị định số 80/2021/NĐ-CP ngày 26/8/2021 của Chính

phủ đã tạo hành lang pháp lý để bố trí ngân sách cho các hoạt động hỗ trợ tư vấn, xúc tiến và đổi mới công nghệ. Ngoài ra, cần ban hành chuẩn báo cáo dữ liệu môi trường số và cơ chế công nhận kết quả đầu tư (ví dụ: chứng nhận “doanh nghiệp xanh - số”), gắn với ưu đãi tiếp cận các gói hỗ trợ. Đây là biện pháp thiết thực nhằm khuyến khích doanh nghiệp không chỉ đầu tư công nghệ mà còn minh bạch trong tuân thủ trách nhiệm môi trường và xã hội.

Bốn là, nâng cao nhận thức, đào tạo nhân lực và khuyến khích văn hóa chủ động tuân thủ quy định về bảo vệ môi trường công nghiệp.

Để thực hiện được giải pháp này, cần triển khai các chương trình truyền thông chuyên sâu về công nghệ môi trường số trên phạm vi toàn quốc, kết hợp giữa cơ quan quản lý nhà nước, hiệp hội ngành nghề và truyền thông đại chúng. Các chương trình này không chỉ dừng lại ở việc phổ biến quy định pháp luật mà cần nhấn mạnh lợi ích dài hạn của việc ứng dụng IoT, AI, Big Data vào quản lý môi trường gắn với năng lực cạnh tranh và uy tín doanh nghiệp.

Đặc biệt, cần đổi mới nội dung và phương pháp đào tạo trong các trường đại học, cao đẳng và các chương trình bồi dưỡng công chức, viên chức ngành tài nguyên và môi trường. Hiện nay, một số trường đại học đã bắt đầu đưa học phần AI, công nghệ số và kinh tế xanh vào chương trình đào tạo, nhưng cần mở rộng thành chuẩn chung cho các cơ sở đào tạo trong cả nước⁸. Ngoài ra, cần hình thành cơ chế đánh giá, xếp hạng công khai về mức độ ứng dụng công nghệ môi trường và tuân thủ pháp luật môi trường của doanh nghiệp, tương tự như Chỉ số năng lực cạnh tranh cấp tỉnh (PCI) nhưng tập trung vào lĩnh vực môi trường. Cách làm này sẽ không chỉ tạo áp lực thị trường mà còn khuyến khích doanh nghiệp xây dựng văn hóa chủ động tuân thủ, hướng đến tiêu chuẩn ESG trong quản trị hiện đại.

4. Kết luận

Trong bối cảnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa và chuyển đổi số đang diễn ra mạnh mẽ, việc ứng dụng công nghệ 4.0 vào quản lý môi trường công nghiệp ở Việt Nam không chỉ là xu thế tất yếu mà còn là yêu cầu cấp bách nhằm bảo đảm cho sự phát triển bền vững. Việc nghiên cứu và thực hiện đồng bộ các giải pháp, từ hoàn thiện thể chế và đồng bộ hóa chính sách; xây dựng nền tảng dữ liệu môi trường mở, liên thông và chia sẻ liên ngành; hỗ trợ doanh nghiệp ứng dụng công nghệ môi trường số đến nâng cao nhận thức, đào tạo nhân lực và khuyến khích văn hóa chủ động tuân thủ của các cá nhân, doanh nghiệp và cả cộng đồng sẽ đưa Việt Nam từng bước hiện đại hóa công tác quản lý môi trường công nghiệp theo hướng thông minh, minh bạch, góp phần quan trọng vào mục tiêu phát triển kinh tế xanh, kinh tế số và hội nhập quốc tế một cách bền vững □

Chú thích:

1. Triển khai hệ thống scada vận hành tự động cấp nước và quan trắc chất lượng nước ngầm nội khu Công viên phần mềm Quang Trung. <https://www.qtsc.com.vn>, ngày 21/12/2020.

2. Ứng dụng công nghệ số trong công tác quan trắc và cảnh báo khí tượng thủy văn tại Đài Khí tượng thủy văn Trung Bộ. <https://vnmha.mae.gov.vn>, ngày 19/8/2025.

3. Industry 4.0 in Viet Nam. <https://asiasociety.org>, truy cập ngày 20/4/2025.

4. Chuyển đổi số và thực tiễn ứng dụng trong hoạt động giám sát môi trường. <https://tapchimoitruong.vn>, ngày 28/12/2024.

5. Kế toán quản trị doanh nghiệp nhỏ và vừa - lợi thế từ cách mạng công nghiệp 4.0. <https://congnghiepmoitruong.vn>, ngày 16/02/2020.

6. Giải pháp chuyển đổi số trong các doanh nghiệp nhỏ và vừa ở Việt Nam. <https://tapchicongthuong.vn>, ngày 15/02/2025.

7. Tạo đột phá trong phát triển cơ sở dữ liệu quốc gia. <https://nhandan.vn>, ngày 18/11/2024

8. Đưa AI trở thành môn bắt buộc: Đòn bẩy quan trọng của giáo dục đại học Việt Nam. <https://vnu.edu.vn>, ngày 02/6/2025.