

CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG QUẢN LÝ CHẤT THẢI QUA MỘT SỐ MÔ HÌNH
TRÊN THẾ GIỚI, CƠ HỘI VÀ THÁCH THỨC

NGUYỄN VĂN TIÊN*

LÊ THẢO VY**

TRƯƠNG ĐỨC NHÂN***

Ngày nhận bài: 02/08/2024

Ngày phản biện: 14/08/2024

Ngày đăng bài: 30/09/2024

Tóm tắt:

Quản lý chất thải là một trong những vấn đề được đặc biệt chú trọng bởi hầu hết các quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Việc xả thải một khối lượng chất thải “khổng lồ” vào môi trường đang đặt ra câu hỏi về tính hiệu quả trong công tác quản lý và xử lý chất thải, nhất là trong kỷ nguyên của thời đại “chuyển đổi số”. Việc áp dụng công nghệ kỹ thuật số vào quản lý chất thải là điều cần thiết. Chuyển đổi kỹ thuật số trong xử lý chất thải là việc khai thác sức mạnh của công nghệ để cải tiến, đổi mới và đảm bảo tính bền vững trong việc quản lý chất thải nói riêng và công tác bảo vệ môi trường nói chung. Trong bài viết này, nhóm tác giả sẽ tập trung giải quyết hai vấn đề chính, gồm: (1) Làm rõ vai trò của chuyển đổi số trong tác quản lý chất thải thông qua một số mô hình trên thế giới; (2) Dự báo một số vướng mắc có thể gặp phải trong quá trình chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải.

Từ khóa:

Chuyển đổi số, quản lý chất thải, cơ hội, thách thức.

Abstract:

Waste management is one of the most important issues that most countries in the world, including Vietnam, give special attention to. With the "huge" amount of waste discharged into the environment daily, there is a big question mark in the global management and handling of waste, especially in the era of "Digital conversion", when applying digital technology to waste management is necessary. Digital transformation in waste treatment is the exploitation of the power of technology to improve, innovate, and ensure sustainability in waste management and environmental. This study focuses on solving two main issues: (1) Clarifying the role of digital transformation in waste management through some models around the world; (2) Forecasting some problems that may be encountered during the digital transformation process in waste management.

Keywords:

Digital conversion, waste management, opportunity, challenge.

* Sinh viên Khoá K45, Trường Đại học Luật, Đại học Huế; Email: vantienhistory123@gmail.com

** Sinh viên Khoá K45 Trường Đại học Luật, Đại học Huế; Email: Ltv2k3@gmail.com

*** Sinh viên Khoá K47 Trường Đại học Luật, Đại học Huế; Email: nhantruongduc274@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Môi trường chưa bao giờ là vấn đề ngừng “hot” trên phạm vi toàn thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Trong đó, công tác quản lý chất thải đang là “bài toán khó” ở thời điểm hiện tại. Chính vì vậy, đổi mới phương pháp, hướng xử lý trong quản lý chất thải là điều tất yếu cần phải thực hiện. Trong đó, việc thực hiện chuyển đổi số trong quản lý chất thải là giải pháp phù hợp với yêu cầu thực tiễn hiện nay.

Thực tiễn tiến hành chuyển đổi số thông qua một số mô hình về quản lý chất thải tại một số quốc gia đã mang đến cho các quốc gia này những cơ hội nhất định, góp phần vào quá trình phát triển kinh tế - xã hội đất nước. Tuy nhiên, bên cạnh những cơ hội từ việc chuyển đổi số trong quản lý chất thải mang lại, vẫn còn tồn đọng những khó khăn, thách thức mà các quốc gia phải đối mặt trong quá trình triển khai thực hiện. Vậy, các quốc gia trên thế giới đã thực hiện chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải qua những mô hình nào? Những mô hình đó mang đến những cơ hội và những khó khăn, thách thức gì trong thực tiễn vận hành? Trong phạm vi nghiên cứu, nhóm tác giả sẽ tiến hành phân tích, đánh giá vai trò, thực tiễn thực hiện các mô hình quản lý chất thải tại các quốc gia qua đó giải quyết những vấn đề được đặt ra nêu trên.

2. Khái quát về chuyển đổi số trong quản lý chất thải

“Chuyển đổi số” là cụm từ không còn quá mới mẻ trong những năm gần đây. Với sự ra đời và phát triển không ngừng của những cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật, các công trình nghiên cứu của nhân loại đã được cải tiến rất nhiều ở thời điểm hiện tại.¹ Sự cải tiến này đã mang lại rất nhiều lợi ích cho hầu hết các lĩnh vực của đời sống xã hội, trong đó, có lĩnh vực quản lý chất thải. Hiện nay, lượng chất thải được thải ra trên thế giới đang rơi vào con số đáng báo động.² Các nguồn chất thải lớn chủ yếu đến từ hoạt động của các nhà máy, sinh hoạt hay hoạt động chăm sóc y tế v.v. Từ đó, quản lý chất

¹ Trong thế kỷ 21, đã có những tiến bộ công nghệ to lớn mà nhân loại đã đạt được, các công trình nghiên cứu, phát minh công nghệ có sự lột xác “ngạc mục” so với giai đoạn trước. Tiêu biểu như các phát minh về: Điện thoại thông minh (thay đổi qua từng năm bởi các tính năng vượt trội của các hãng điện thoại hàng đầu Iphone, Samsung...); các nền tảng mạng xã hội (tăng cường tính bảo mật, tính năng, giao diện); xe ô tô tự lái (được tích hợp AI, lái xe tự động đưa con người đến nơi họ muốn) ..v.v.; Xem: Báo Hà Tĩnh, *20 phát minh công nghệ “lột xác” thế giới ngoạn mục trong 20 năm*, truy cập tại <https://baohatinh.vn/20-phat-minh-cong-nghe-lot-xac-the-gioi-ngwan-muc-trong-20-nam-post203576.html>, truy cập ngày 26/7/2024.

² Báo cáo của UNEP (cơ quan điều phối các hoạt động môi trường của Liên Hợp Quốc) có tên là “Global Waste Management Outlook 2024 for Youth: Beyond an age of waste - Turning rubbish into a resource” (Tạm dịch: *Triển vọng quản lý chất thải toàn cầu năm 2024 dành cho thanh thiếu niên: Vượt qua thời đại lãng phí - Biến rác thải thành tài nguyên*) đã cung cấp cái nhìn toàn diện về vấn đề quản lý rác thải và tác động của nó lên sức khỏe con người và hành tinh. UNEP cảnh báo rằng nếu chúng ta không hành động ngay, lượng rác thải trên toàn cầu có thể tăng lên 3,8 tỷ tấn vào giữa thế kỷ này, vượt xa các dự báo trước đây. Điều này sẽ dẫn đến gánh nặng kinh tế gấp đôi, ước tính lên đến 640 triệu USD vào năm 2050, so với 361 triệu USD vào năm 2020. Xem: UN, *Global Waste Management Outlook 2024 for Youth: Beyond an age of waste - Turning rubbish into a resource*, truy cập tại <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook-2024-youth-beyond-age-waste-turning-rubbish>, truy cập ngày 26/7/2024.

thải trở thành một “bài toán” đầy thách thức cho công tác quản lý. Do đó, việc thay đổi các phương thức xử lý, quản lý chất thải theo phương pháp truyền thống bằng việc tiếp thu các thành quả của thời đại là một trong những giải pháp tối ưu và thiết yếu trong công tác chung về bảo vệ môi trường. Việc thực hiện công cuộc chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải là giải pháp ưu tiên hàng đầu hiện nay.

Chuyển đổi số trong quản lý chất thải có thể được hiểu là quá trình áp dụng các công nghệ số để cải thiện và tối ưu hóa các hoạt động quản lý chất thải. Đây là một phần quan trọng của các chiến lược phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn, giúp các quốc gia quản lý chất thải hiệu quả.³ Quá trình này mang những đặc điểm cơ bản sau: *Một là*, thể hiện được tính toàn diện (chuyển đổi số tác động đến mọi khâu trong quản lý chất thải, từ khâu thu gom, phân loại, vận chuyển, xử lý đến giám sát và báo cáo); *hai là*, các giải pháp công nghệ số giúp tự động hóa nhiều quy trình thủ công, giải phóng sức lao động cho con người và nâng cao độ chính xác trong công việc; *ba là*, kết nối dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, tạo ra một kho dữ liệu về quản lý chất thải. Dữ liệu này được phân tích để đưa ra các phân tích có giá trị, giúp hoạch định chính sách và cải thiện hiệu quả hoạt động chuyển đổi số trong quản lý chất thải.

Chuyển đổi số trong quản lý chất thải đang là xu hướng tất yếu của toàn cầu khi nó đồng thời giải quyết được nhiều vấn đề tại hầu hết các quốc gia trên thế giới với hàng loạt các lợi ích mang lại như: Giảm áp lực (tài chính, công tác quản lý,...) cho cơ quan quản lý nhà nước cùng đơn vị thu gom, vận chuyển và xử lý rác; tiết kiệm nhân lực, chi phí cũng như giảm tác hại đến sức khỏe con người, đồng thời nâng cấp mô hình quản lý rác thải thông minh tại các quốc gia.

Bên cạnh đó, chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải cũng mang lại những cơ hội tiềm năng như: Thúc đẩy các chiến lược phát triển bền vững và nền kinh tế; mở ra các cơ hội kinh doanh mới trong lĩnh vực quản lý chất thải như dịch vụ phân loại rác tự động, công nghệ quản lý lượng chất thải, v.v...

Tóm lại, chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải là một xu hướng quan trọng và cần thiết để đảm bảo sự phát triển bền vững và bảo vệ môi trường. Việc áp dụng các công nghệ mới không chỉ giúp cải thiện hiệu quả công tác quản lý chất thải mà còn mở ra nhiều cơ hội phát triển mới trong lĩnh vực môi trường nói riêng và góp phần chung vào sự nghiệp phát triển kinh tế - xã hội nói chung của các quốc gia.

3. Một số mô hình chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải trên thế giới

Chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải đang là giải pháp hàng đầu được các quốc gia trên thế giới áp dụng rộng rãi với nhiều mô hình được triển khai nhằm thực hiện có hiệu quả, tiết kiệm và mang tính bền vững trong công tác bảo vệ môi trường. Dưới đây, là một số mô hình trong chuyển đổi số nổi bật:

³Envirowaste, *Digital Transformation in Waste Management: Everything You Need to Know*, truy cập tại <https://envirowaste.com.au/digital-transformation-in-waste-management-everything-you-need-to-know/>, truy cập ngày 26/7/2024.

3.1 Trí tuệ nhân tạo (AI)

Trong thời đại kỹ nguyên số, AI được xem là một trong những thành tựu nổi bật, là kết quả công trình nghiên cứu vĩ đại của nhân loại đến thời điểm hiện tại.⁴ AI ra đời mang đến rất nhiều cơ hội và lợi ích trong hầu hết các hoạt động đời sống – xã hội, là giải pháp tiềm năng trong các lĩnh vực, góp phần vào sự phát triển nền kinh tế của các quốc gia trên toàn cầu. Một số lợi ích mà AI mang lại có thể kể đến như thay thế con người tiếp xúc với các chất độc hại, tiết kiệm chi phí, sức lao động của con người, tăng năng suất hoạt động.v.v.

Tận dụng những cơ hội mà trí tuệ nhân tạo (AI) đã và đang tạo ra, các nhà khoa học trên thế giới đã nghiên cứu và ứng dụng AI vào hoạt động chuyển đổi số trong quản lý chất thải, giải quyết được vấn đề lớn cấp bách đặt ra của toàn cầu. Qua đó giảm thiểu được lượng lớn chất thải được thải ra đồng thời mang đến “luồng gió” mới trong công tác bảo vệ môi trường theo định hướng phát triển bền vững.

Hiện nay, nhiều quốc gia trên thế giới đã nghiên cứu và đưa vào ứng dụng nhiều mô hình trên cơ sở nền tảng tính năng của AI trong giai đoạn vận hành. Các mô hình được vận dụng đảm bảo tính vượt trội, sáng tạo, mang lại hiệu quả và năng suất cao. Kết quả là, bài toán về môi trường trong công tác quản lý được giải quyết, xử lý hiệu quả chất thải hiện có và sự gia tăng đáng kể của chất thải trong tương lai. Liên quan đến vấn đề này, có thể kể đến một số mô hình tiêu biểu trong công tác quản lý chất thải có sự ứng dụng AI như: nhà máy điện rác, phân loại rác thải tự động bằng AI, 3R⁵, 6R⁶,...v.v.

Lợi ích chính mà trí tuệ nhân tạo (AI) khi được sử dụng kết hợp trong một số các giai đoạn vận hành thông qua các mô hình quản lý chất thải mang lại là việc giúp các quốc gia dễ dàng sử dụng thông tin trên các dữ liệu được thu thập, đồng thời có thể dự báo được xu hướng phát thải. Điều này giúp cho các quốc gia có thể lập kế hoạch, phương án xử lý phù hợp trong công tác quản lý chất thải như chủ động hơn trong thiết lập lịch trình thu gom rác, tối ưu hóa quy trình tái chế và phân bổ nguồn lực hiệu quả hơn,...v.v.).

Trong phân loại rác thải tự động bằng AI, mô hình sử dụng công nghệ hệ thống robot kết hợp với trí tuệ nhân tạo để phân loại rác thải tự động trên băng chuyền là một

⁴ Phạm Hoàng Long, *Trí tuệ nhân tạo và vai trò của nó trong đời sống xã hội*, truy cập tại <https://iti.vnu.edu.vn/tri-tue-nhan-tao-va-vai-tro-cua-no-trong-doi-song-xa-hoi/>, truy cập ngày 16/7/2024.

⁵ 3R là từ viết tắt của Reduce – Reuse- Recycle được hiểu là Tiết giảm – Tái sử dụng – Tái chế. Đây cũng là lý do mà 3R được gọi với cái tên khác là 3T. Phương pháp 3R chính là giải pháp về môi trường mà rất nhiều quốc gia trên thế giới đang ứng dụng để bảo vệ và hạn chế sự ô nhiễm môi trường. Xem: Vinausen, *3R là gì? Ý nghĩa và Thực trạng của phương pháp 3R tại Việt Nam*, truy cập tại <https://vinausen.com/vi/thong-tin-moi-truong/3r-la-gi-y-nghia-va-thuc-trang-cua-phuong-phap-3r-tai-viet-nam-73.html>, truy cập ngày 16/7/2024.

⁶ 6R là mô hình quản lý chất thải được tiếp cận tổng thể và chi tiết hơn mô hình 3R thông qua các hoạt động gồm: R - Rethink and Redesign; R - Refuse; R - Reduce; R - Reuse; R – Recycle. Xem: Vụ Tiết kiệm năng lượng và phát triển bền vững, *Kinh tế tuần hoàn: Sản xuất - Tiêu dùng - Xử lý chất thải*, truy cập tại <https://congnghepmoitruong.vn/kinh-te-tuan-hoan-san-xuat-tieu-dung-xu-ly-chat-thai-1179.html>, truy cập ngày 16/7/2024.

trong những mô hình ứng dụng AI tiên tiến và hiệu quả trong công tác quản lý chất thải hiện nay. Mô hình này mang lại các lợi ích đáng kể như tăng hiệu quả phân loại; giảm sai sót trong quá trình phân loại rác thải; tiết kiệm chi phí nhân công và cải thiện tỷ lệ tái chế tại các quốc gia. Với những lợi ích mang lại cùng cách vận hành đơn giản, hiệu quả, mô hình này đã và đang được thực hiện tại các quốc gia trên thế giới với các sản phẩm có tên gọi khác nhau như ZenRobotics (Phần Lan), AMP Robotics (Mỹ),...v.v. Thực tế, việc áp dụng mô hình phân loại rác tự động bằng AI đang được xem là giải pháp với năng suất làm việc cao, tiết kiệm chi phí và ổn định hơn con người. Tại Mỹ, các nhà máy tái chế rác thải khi đưa các robot vào trong quy trình phân loại rác thải, năng suất và cường độ làm việc tăng đáng kể, đóng vai trò ngày càng lớn trong lĩnh vực xử lý rác. Mô hình này góp phần vào định hướng quan trọng trong quản lý chất thải và bảo vệ môi trường bền vững tại Mỹ nói riêng và trên phạm vi toàn cầu nói chung.⁷

Ngoài mô hình phân loại rác tự động bằng AI, các nhà máy điện rác cũng đã và đang được ứng dụng AI vào trong quy trình vận hành. Cụ thể, các nhà máy điện rác thiết lập hệ thống cân điện tử xác định khối lượng rác thải vận chuyển trong ngày. Xuyên suốt các giai đoạn từ thu gom, xử lý và tiền xử lý, đốt cháy chất thải, sử dụng nhiệt, xử lý khí thải đến giai đoạn cuối xử lý tro và chất thải còn lại đều được thiết lập hệ thống giám sát bằng điện tử, phân tích số liệu hiện có trong nhà máy, nhiệt độ...v.v. Từ đó, AI giúp cho các nhà máy điện rác kiểm soát được quá trình hoạt động thông qua việc phân tích dữ liệu trên hệ thống điện tử, thống kê được lượng rác thải vận chuyển để xử lý hằng ngày, qua đó đưa ra các giải pháp phù hợp và xử lý khi có rủi ro xảy ra.⁸

Qua 02 ví dụ tiêu biểu trên, có thể thấy rằng AI đóng một vai trò thiết yếu trong quá trình vận hành các mô hình, dự án về công tác quản lý chất thải. Tuy nhiên, bên cạnh những lợi ích mà trí tuệ nhân tạo mang lại, vẫn còn tồn đọng những thách thức khi bước đầu vận hành, ứng dụng AI vào các mô hình quản lý chất thải tại các quốc gia như: Chi phí đầu vào cao; các yêu cầu về trình độ chuyên môn – kỹ thuật phải thật chú trọng, không ngừng trau dồi và cập nhật những cải tiến từ AI để vận hành mô hình hiệu quả và chính xác nhất. Ngoài ra, việc xử lý các loại rác thải phức tạp (đặc biệt) cũng đem đến những khó khăn nhất định cho hệ thống AI khi thực hiện cài đặt không đồng nhất...v.v

Do đó, mặc dù trí tuệ nhân tạo (AI) mang đến nhiều lợi ích quan trọng cho công tác quản lý chất thải, từ tăng hiệu quả và năng suất, giảm chi phí, đến bảo vệ môi trường. Tuy nhiên, để triển khai thành công, cần có sự đầu tư lớn vào cơ sở hạ tầng và công nghệ, cùng với đội ngũ chuyên gia kỹ thuật có trình độ cao. Việc tiếp tục nghiên

⁷ Bạch Dương, *Công nghệ robot phân loại rác thải*, truy cập tại <https://nhandan.vn/cong-nghe-robot-phan-loai-rac-thai-post640243.html>, truy cập ngày 18/7/2024.

⁸ VOV giao thông, *Quy trình nào để vận hành nhà máy điện rác?*, truy cập tại <https://vovgiaothong.vn/newsaudio/quy-trinh-nao-de-van-hanh-nha-may-dien-rac-d28120.html>, truy cập ngày 05/7/2024.

cứu và phát triển các công nghệ đối với mô hình này sẽ giúp cải thiện hiệu quả công tác quản lý chất thải tại các quốc gia và đóng góp vào sự phát triển môi trường bền vững.

3.2 Internet vạn vật (IoT)

Lượng rác thải ngày càng tăng cao đang gây ra những hậu quả nghiêm trọng đến môi trường và sức khỏe con người. Để đối phó với tình trạng này, các thành phố trên thế giới đang tìm kiếm những giải pháp để giải quyết các vấn đề về chất thải. Trong số đó, Internet vạn vật (IoT) nổi lên như một công cụ hữu hiệu, IoT cũng là một trong những đổi mới kỹ thuật số quan trọng đang chuyển đổi ngành quản lý chất thải.

Internet vạn vật IT được hiểu là mạng kết nối các đồ vật và thiết bị thông qua cảm biến, phần mềm và các công nghệ khác, cho phép các đồ vật và thiết bị thu thập và trao đổi dữ liệu với nhau.⁹ IoT mang lại lợi ích từ Internet tới mọi đồ vật được kết nối chứ không dừng ở phạm vi máy tính hay điện thoại thông minh. Một trong những tính năng nổi bật của bất kỳ ứng dụng nào xây dựng trên nền tảng IoT là khả năng gửi và nhận dữ liệu thực tế và tức thì. Với các thiết bị được kết nối cùng các ứng dụng thông minh, chuỗi quản lý chất thải, rác thải đang trở nên phổ biến với những tính năng ưu việt, giảm thiểu sức lao động của con người. Internet vạn vật hoàn chỉnh sẽ gồm đủ 4 bước: Thu thập dữ liệu; Chia sẻ dữ liệu; Xử lý dữ liệu và đưa ra quyết định. Khi áp dụng vào lĩnh vực quản lý chất thải, IoT biến những thùng rác, xe thu gom rác trở thành những “điểm thông minh”, có khả năng tự động thu thập và truyền tải thông tin về lượng rác, loại rác và vị trí. Với những lợi thế như trên, nhiều ứng dụng của IoT liên quan đến quản lý chất thải đã được thử nghiệm và đưa vào thực tiễn ở nhiều nơi trên thế giới.

Một trong những thành tựu lớn của Internet vạn vật chính là thùng rác thông minh.¹⁰ Những thùng rác này hoạt động dựa trên nguyên lý cơ bản là cảnh báo khi rác gần đầy, đảm bảo thu gom kịp thời và ngăn ngừa tràn. Chúng giám sát và quản lý thông qua xác định mức độ đầy của chất thải. Thùng rác sẽ được kích hoạt để gửi dữ liệu đến bộ phận thu gom rác thải, dữ liệu cho người thu gom biết được mức độ và lượng rác thải được tái chế. So với hình ảnh thường thấy là các nhân viên vệ sinh đẩy xe rác lớn để thu gom rác mỗi ngày và phải kiểm tra từng tuyến đường thì với sự hỗ trợ của IoT, người thu gom rác sẽ giảm bớt các hoạt động hậu cần như kiểm tra, phân loại rác thải. Nhiều nước trên thế giới đã nhận thấy tiềm năng của SmartBin (thùng rác thông minh) và đưa vào hoạt động. Điển hình ở Úc, Công ty Corio Generation¹¹ đã tiến hành lắp đặt hệ thống giám sát từ xa, sử dụng công nghệ cảm biến siêu âm¹² để quản lý chất thải, các xe

⁹ Vsmart, *Internet vạn vật (IoT) là gì?*, truy cập tại <https://www.vsmart.net/vi/internet-van-vat-iot-la-gi>, truy cập ngày 17/7/2024.

¹⁰ AITA, *Ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý rác thải thông minh*, truy cập tại https://www.acvn.vn/index.php?route=news/news&news_id=428, truy cập ngày 17/7/2024.

¹¹ Corio Waste Management, truy cập tại <https://www.coriowm.com.au/>, truy cập ngày 17/7/2024.

¹² Cảm biến siêu âm: Thiết bị điện tử dùng để đo khoảng cách với vật thể bằng sóng siêu âm, dựa trên sự truyền sóng siêu âm, cảm biến xác định vật thể trong môi trường, khoảng cách trong thực tế và tạo ra tín

tải của Corio thu thập rác từ các thùng với quãng đường khoảng vài dặm. Điều đặc biệt đáng nói ở đây là công ty này trên đã rút kinh nghiệm từ việc nhận thấy sẽ rất lãng phí tài chính khi các xe tải phải đi từng tuyến đường để cho rác lên xe tải từ những thùng rác chưa đầy và đôi khi là những trống rỗng. Chính vì vậy, công ty này đã sử dụng công nghệ quản lý chất thải thông minh, tối ưu hoá các tuyến đường xe thu gom bằng việc sử dụng SmartBin để theo dõi lượng rác trong mỗi thùng ở các khu vực, nhờ đó tiết kiệm được thời gian di chuyển xe và giảm tiêu hao nhiên liệu.¹³

Bên cạnh đó, thiết bị IoT theo dõi lộ trình xe tải, mức sử dụng nhiên liệu và lịch trình thu gom, giúp tăng hiệu quả và giảm lượng khí thải carbon. Có thể nói rằng, công nghệ IoT thực hiện công việc thông qua internet như cảm nhận, khởi động, thu thập dữ liệu, lưu trữ và xử lý thông tin. Với những chức năng trên, dễ nhận thấy IoT tham gia hầu hết mọi công đoạn của quản lý chất thải nếu được kết hợp cùng với các công nghệ khác. Xu hướng của thời đại là thực hiện mọi thao tác từ xa, do vậy, không khó để IoT trở thành giải pháp toàn cầu trong quản lý chất thải. Một vài ví dụ về hệ thống xử lý chất thải sử dụng công nghệ IoT có thể kể đến như: Hệ thống xử lý rác thải thực phẩm thông minh (SGS)¹⁴ bao gồm thùng rác thông minh, bộ định tuyến và máy chủ, chia thành hai khu vực là miền quản trị và miền dịch vụ; Hệ thống quản lý chất thải thông minh (SWM) theo mô hình cửa đến cửa (Door to Door)¹⁵ dành cho những nơi đông dân cư, cơ sở hạ tầng hoàn chỉnh bao gồm thùng rác thông minh, hệ thống theo dõi xe, công nghệ nhận dạng đối tượng RFID¹⁶, bộ cảm biến trọng lượng, trạm cân, mạng kết nối hay các nền tảng trực tuyến... Những hệ thống trên có ưu điểm là tạo ra quy trình khép kín và tự động trong quá trình thu gom rác cho đến lúc tiêu huỷ hoặc tái chế. Các thuật toán của IoT sẽ tối ưu hoá được quy trình quản lý chất thải thông minh, tiết kiệm chi phí cho toàn xã hội. Nhiều nơi ở châu Âu quan tâm triển khai ứng dụng SWM như tại Amsterdam (Hà Lan), London (Vương quốc Anh), Alingsås và Stockholm (Thụy Điển), Porvoo (Phần Lan),... đã và đang lắp đặt các smartbin ở những nơi công cộng với công

hiệu điện để truyền tải tới hệ thống. Xem: Đức Anh, *Cảm ứng siêu âm là gì? Nguyên lý hoạt động và ứng dụng*, truy cập tại <https://hunonic.com/cam-bien-sieu-am-la-gi/>, truy cập 17/7/2024.

¹³Phuong Lan (2024), *Quản lý chất thải với IoT*, truy cập tại <https://cesti.gov.vn/bai-viet/khcn-nuoc-ngoai/quan-ly-chat-thai-voi-iot-01010749-0000-0000-0000-000000000000>, truy cập ngày 17/7/2024.

¹⁴Hệ thống SGS được lắp đặt gần các toà nhà và các khu dân cư, có chức năng trao đổi thông tin với nhau và gửi thông tin tới máy chủ thông qua mạng không dây. Cư dân bỏ rác thải thực phẩm và quét thẻ vào đầu đọc của thùng rác, sau đó hệ thống sẽ kiểm tra và phân hồi thông tin cũng như phí thanh toán tương ứng với lượng rác thải đã bỏ vào. Xem: AITA, *tlđđ*, truy cập ngày 17/7/2024.

¹⁵Hệ thống SWM theo mô hình Door to Door (việc vận chuyển từ doanh nghiệp đến khách hàng thông qua công ty vận tải). Cách thức hoạt động là di chuyển thùng rác thông minh theo tín hiệu của người dùng tới bãi rác phân loại và xử lý, có hệ thống theo dõi xe để thu thập dữ liệu, phân tích cũng như tối ưu hoá lịch trình. Xem: AITA, *tlđđ*, truy cập ngày 17/7/2024.

¹⁶Công nghệ nhận dạng đối tượng – RFID: dùng để nhận dạng lẫn nhau giữa người dùng và thùng rác, giữa thùng rác với xe tải tại thời điểm thu gom. Nó cũng có thể thực hiện việc kết nối, nhận dạng những khu vực khác như: xe thu gom và nhà để xe/ bãi rác. Xem: ITG, *Công nghệ RFID là gì? Đặc điểm – Cấu tạo – Ứng dụng RFID*, truy cập tại <https://itgtechnology.vn/cong-nghe-rfid-la-gi-dac-diem-cau-tao-ung-dung-rfid/>, truy cập ngày 17/7/2024.

nghe cảm biến mới nhất, có thể nén chất thải và hoạt động bằng năng lượng mặt trời. Thành phố Melbourne (Úc) đã trang bị gần 400 smartbin hoạt động bằng năng lượng mặt trời.¹⁷

Bên cạnh những lợi ích mang lại, việc quản lý, sử dụng và vận hành IoT cũng gặp phải những khó khăn nhất định như việc tốn nhiều chi phí đầu tư để mua các thiết bị công nghệ hiện đại, đào tạo nguồn nhân lực có trình độ chuyên môn kỹ thuật và một số chi phí khác. Bên cạnh đó, khó khăn về cơ sở hạ tầng cũng là một trở ngại khi việc nâng cấp cơ sở hạ tầng là một quá trình lâu dài và đòi hỏi sự đầu tư lớn nhưng tại những khu vực vùng sâu vùng xa, khu vực gần biên giới là những nơi có điều kiện kinh tế khó khăn so với đô thị thì việc tiếp cận và ứng dụng IoT là không khả thi. Ý thức của người dân của khu vực này và cả những khu vực nông thôn khác cũng chỉ dừng ở mức độ hiểu biết và công nhận chứ chưa mở rộng đến việc sử dụng ứng dụng thông minh để quản lý chất thải. Trong trường hợp này, nhà nước nên có những chính sách như trợ giá cho các doanh nghiệp tham gia cung cấp dịch vụ thu gom rác đồng thời quy định chế tài, hình thức xử phạt đối với hành vi gây ô nhiễm môi trường. Sự kết hợp hài hoà giữa công nghệ bao gồm cả IoT với chính sách quản lý của nhà nước sẽ giảm được tình trạng xả thải bừa bãi, hạn chế tối đa các tác nhân ô nhiễm do con người gây ra, hướng tới xây dựng đất nước thông minh và bền vững.

Qua những phân tích trên, có thể thấy rằng IoT đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quá trình quản lý chất thải. Với sự phát triển không ngừng của công nghệ, chúng ta có thể kỳ vọng sẽ có nhiều ứng dụng IoT sáng tạo hơn nữa được áp dụng trong lĩnh vực này, góp phần xây dựng một tương lai bền vững. Việc đầu tư vào hạ tầng, nâng cao nhận thức cộng đồng và xây dựng một hệ sinh thái IoT hoàn thiện là những nhiệm vụ cấp bách. Mỗi cá nhân, tổ chức và cộng đồng đều có thể đóng góp một phần nhỏ để xây dựng một tương lai tốt đẹp hơn.

4. Cơ hội và thách thức trong quá trình thực hiện chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải hiện nay

4.1 Cơ hội

Sự kết hợp giữa công nghệ và quản lý chất thải không chỉ là sự tận dụng các thành quả của cách mạng khoa học công nghệ mà còn là việc tạo ra các giải pháp bền vững, hiệu quả và hướng đến cộng đồng. Từ đó, mang đến những thời cơ nhất định cho quá trình này, có thể kể đến như:

Thứ nhất, yếu tố để thúc đẩy chính là thế mạnh về công nghệ. Qua nhiều cuộc cách mạng khoa học chúng ta nhìn nhận thấy tiềm năng mà công nghệ đem lại là vô cùng to lớn. Những đổi mới kỹ thuật số trong quản lý chất thải sẽ là phương pháp để tăng cường tính bền vững và bảo vệ môi trường. So với hoạt động do con người thực

¹⁷ Phương Lan (2024), *tlđđ*.

hiện bằng phương pháp thủ công thì chuyển đổi số sẽ giảm thời gian thực hiện và hạn chế được các lỗi do con người gây ra, đặc biệt là trong phân loại và xử lý chất thải.

Thứ hai, những kỹ thuật như Internet vạn vật, trí tuệ nhân tạo, học máy, công nghệ Blockchain¹⁸...v.v đang ngày càng được sử dụng rộng rãi, điều này đồng nghĩa với việc ứng dụng chúng vào trong các mô hình quản lý chất thải cũng ngày càng trở nên phổ biến hơn. Công tác số hoá, phân tích và quản lý dữ liệu chất thải cũng sẽ được thống kê và quản lý nghiêm ngặt, vừa phục vụ cho doanh nghiệp điều tiết được quy trình hoạt động, vừa phục vụ cho việc báo cáo định kỳ cho cơ quan quản lý nhà nước .

Thứ ba, nhu cầu về quản lý chất thải ngày càng nhiều, không chỉ giới hạn trong phạm vi quốc gia mà còn là xu hướng chung của cộng đồng quốc tế, chính vì vậy từ cá nhân cho đến cộng đồng đều phải nhận thức được tầm quan trọng của việc bảo vệ môi trường. Mỗi hộ gia đình đều có thể tiến hành xử lý rác thải để chung tay đẩy lùi rác thải mỗi năm. Điển hình như việc dùng GRAC¹⁹ để mang lại nhiều lợi ích như giúp các cơ quan quản lý nhà nước, công ty thu gom rác quản lý 1 triệu chủ nguồn thải, dự kiến sẽ tăng từ 3 đến 5 triệu chủ nguồn thải trong năm 2024. GRAC cũng đã thí điểm thành công mô hình Grac Green Point áp dụng công nghệ thông tin bền vững vào trong công tác thu gom rác thải nhựa và rác tái chế.²⁰ Như vậy, nếu việc tuyên truyền và giáo dục được nâng cao thì ý thức về việc bảo vệ môi trường sẽ được người dân hưởng ứng và thực hiện.

Thứ tư, tiếp nối thành công của những quốc gia đi đầu trong quản lý chất thải, các nước trong và ngoài khu vực sẽ học hỏi những kinh nghiệm vận hành để thực hiện tại quốc gia mình một cách hợp lý, hiệu quả. Ví dụ như thùng rác thông minh của Melbourne hay cơ sở phân loại tự động của Sydney Melbourne đã áp dụng thùng rác thông minh được trang bị cảm biến.²¹ Những thùng rác này, bằng cách truyền dữ liệu thời gian thực về mức độ đầy của chúng, cho phép hội đồng tối ưu hóa các tuyến đường thu gom và giảm các lần thu gom không cần thiết, giúp việc thu gom rác thải hiệu quả hơn và thân thiện với môi trường hơn. Các nhà máy tái chế ở Sydney đang tích hợp AI và ML để phân loại vật liệu thải. Điều này giúp phân loại nhanh hơn, chính xác hơn, năng suất tái chế cao hơn và giảm mức độ ô nhiễm. Trên đây là hai ví dụ điển hình về

¹⁸ Công nghệ Blockchain: Công nghệ giúp mã hoá tất cả các dữ liệu thành các khối khác nhau, đồng thời kết nối chúng lại để tạo thành một chuỗi dài. Là một cơ chế cơ sở dữ liệu tiên tiến cho phép chia sẻ thông tin minh bạch trong một mạng lưới kinh doanh. Xem: Đoàn Đức Tài, *Blockchain là gì? Blockchain có phải tiền ảo không?* Truy cập tại <https://thuvienphapluat.vn/chinh-sach-phap-luat-moi/vn/chuyen-doi-so/61448/blockchain-la-gi-blockchain-co-phai-tien-ao-khong>, truy cập ngày 17/7/2024.

¹⁹ GRAC: (viết tắt từ gom rác) là ứng dụng trên nền tảng Web và thiết bị di động quản lý rác thải thông minh như thanh toán tiền rác theo dõi lịch trình thu, hướng dẫn thực hiện phân loại rác, gửi phản ánh về sinh môi trường. Xem: Grac, “*Grac – công cụ quản lý rác hiệu quả*” phát sóng trên VOH, truy cập tại <https://grac.vn/grac-cong-cu-quan-ly-rac-hieu-qua-phat-song-tren-voh/>, truy cập ngày 17/7/2024.

²⁰ Grac, *Grac và Cuộc Cách Mạng Số Hóa Quản Lý Rác Thải*, truy cập tại <https://grac.vn/grac-va-cuoc-cach-mang-so-hoa-quan-ly-rac-thai/>, truy cập ngày 17/7/2024.

²¹ Envirowaste, *tlđđ*.

sự thành công của hai đất nước khi ứng dụng IoT vào quản lý chất thải, và cũng đồng thời là bài học kinh nghiệm cho Việt Nam trong đổi mới phương pháp quản lý, xử lý chất thải trong thời gian tới.

Thứ năm, hợp tác quốc tế sẽ không chỉ về khía cạnh chính trị hay kinh doanh thương mại mà còn hợp tác vì những mục tiêu toàn cầu, trong đó bao gồm cả quản lý chất thải. Các quốc gia sẽ vừa học hỏi vừa hỗ trợ nhau để giảm thiểu lượng rác thải toàn cầu, đồng thời thúc đẩy cơ chế trao đổi và chia sẻ thông tin chất thải để quản lý chất thải hiệu quả hơn.

4.2 Thách thức

Thứ nhất, xét theo khía cạnh bên ngoài thì thách thức lớn nhất chính là chi phí công nghệ và đầu tư cao. Bởi lẽ, tích hợp kỹ thuật số tốn kém hơn rất nhiều so với làm thủ công, công nghệ càng tiên tiến thì đòi hỏi đầu tư đáng kể để thu lại được kết quả như mong đợi. Tuy nhiên đối với các quốc gia đang phát triển thì kinh phí đầu tư sẽ được ưu tiên để thực hiện các dự án đã và đang được triển khai hoặc những dự án có tính khả thi nhất. Đó là chưa kể, chi phí để sử dụng được sức mạnh của công nghệ sẽ đi kèm với chi phí dành cho các chuyên gia nghiên cứu. Kể cả trường hợp khi bị phục thuộc vào các chuyên gia thì cũng phải dành một khoản phí để đưa nhân lực trong nước ra học hỏi kinh nghiệm của thế giới.

Thứ hai, xét theo khía cạnh bên trong thì thách thức đến từ trình độ nắm bắt công nghệ kỹ thuật của người lao động. Chuyển đổi số đòi hỏi quá trình đào tạo và nâng cao kỹ năng đối với nhân viên, người vận hành, điều này gây ra sự tốn kém về cả thời gian lẫn nhân lực. Nhân viên phải đủ trình độ và chuyên môn cao để tích hợp liền mạch các hệ thống hiện có, phải đảm bảo được quá trình chuyển đổi diễn ra suôn sẻ và hiệu quả.

Thứ ba, mối quan ngại về bảo mật dữ liệu và quyền riêng tư. Trên thực tế, các doanh nghiệp có xu hướng không công bố hoặc công bố không rõ ràng, không đầy đủ thông tin về lượng chất thải cũng như các vấn đề liên quan trên các trang điện tử. Việc hạn chế chia sẻ xuất phát từ lý do bảo mật quyền riêng tư như bí quyết công nghệ, các yếu tố cạnh tranh... Điều này đặt ra thách thức trong việc chia sẻ và trao đổi thông tin chất thải liên quan đến việc nó phải được thực hiện như thế nào để vừa bảo đảm bí mật riêng tư vừa đảm bảo được hiệu quả quản lý chất thải.

Thứ tư, quy định pháp luật liên quan đến quản lý chất thải còn nhiều thiếu sót, các văn bản hướng dẫn cũng chưa có quy định về việc chuyển đổi số, hành lang pháp lý về quản lý chất thải còn khá mơ hồ, gây khó khăn cho doanh nghiệp hoặc người dân tiến hành thí điểm hoặc thực nghiệm các ứng dụng quản lý chất thải thông minh. Vì vậy, Bộ Tài nguyên và Môi trường cần phối hợp cùng các cơ quan chuyên môn nghiên cứu xem xét và trình lên Chính phủ nhằm ban hành các văn bản, quy định nhằm đẩy mạnh công tác chuyển đổi số trong quản lý chất thải đáp ứng mục tiêu bảo vệ môi trường và ứng dụng khoa học công nghệ.

Thứ năm, chính sách về ưu đãi hoặc các cơ chế hỗ trợ cho doanh nghiệp chưa được đẩy mạnh, một phần cũng xuất phát từ nguyên nhân thiếu hàng lang pháp lý cần thiết. Theo đó, cần nâng cao và mở rộng vai trò, kinh phí của Quỹ bảo vệ môi trường và đặt ra thuế năng lượng cần thiết để hỗ trợ cho những dự án xanh, thân thiện với môi trường. Bên cạnh đó, nhà nước nên chú trọng vào hoàn thiện chính sách về quản lý chất thải và số hoá, bởi lẽ, nhà nước là đơn vị quản lý tất cả các dữ liệu môi trường trên phạm vi cả nước nên công tác số hoá phải được quan tâm thực hiện, từ đó chú trọng khai thác hiệu quả các mô hình quản lý chất thải, tạo thành công lớn cho quốc gia.

5. Kết luận

Chuyển đổi số đang là xu hướng tất yếu của thế giới trong công tác xử lý, quản lý chất thải. Từ các thành quả của các cuộc cách mạng khoa học công nghệ, các nhà khoa học trên thế giới đã vận dụng và sáng tạo ra nhiều mô hình tiên tiến, mang hiệu quả cao.

Trong phạm vi của bài nghiên cứu, Nhóm tác giả đã giới thiệu, điem qua một số mô hình như: phân loại rác tự động bằng AI, nhà máy điện rác, 3R, 6R, hệ thống xử lý thực phẩm thông minh (SGC), .v.v. dựa trên 02 nền tảng chính là trí tuệ nhân tạo (AI) và internet vạn vật (IoT). Bằng việc triển khai, ứng dụng các mô hình này tại các quốc gia đã đem đến nhiều lợi ích đáng kể như việc tiết kiệm chi phí, nhân lực, kiểm soát tốt công tác quản lý chất thải, nâng cao năng suất hoạt động trong các nhà máy xử lý rác..v.v

Ngoài ra, nhóm tác giả đã thực hiện phân tích, đánh giá vai trò cũng như dẫn chứng thực tế về chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải qua việc áp dụng các mô hình từ chuyển đổi số tại một số quốc gia. Tuy nhiên, bên cạnh những lợi ích từ việc chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải mang lại, thực tế cho thấy, các quốc gia cũng đang phải đối mặt với một số thách thức, gây khó khăn khi thực hiện các mô hình chuyển đổi số để quản lý chất thải tại quốc gia mình.

Thông qua những bài học từ việc ứng dụng chuyển đổi số trong công tác quản lý chất thải thông qua một số mô hình trên thế giới, Việt Nam có thể học hỏi kinh nghiệm và hạn chế tối đa rủi ro từ những mô hình này để áp dụng vào bối cảnh cụ thể của đất nước, đảm bảo hiệu quả quản lý, xử lý chất thải, góp phần vào bảo vệ môi trường một cách bền vững.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AITA, *Ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý rác thải thông minh*, truy cập tại https://www.acvn.vn/index.php?route=news/news&news_id=428, truy cập ngày 17/7/2024.

2. Bạch Dương, *Công nghệ robot phân loại rác thải*, truy cập tại <https://nhandan.vn/cong-nghe-robot-phan-loai-rac-thai-post640243.html>, truy cập ngày 18/7/2024.

3. Đoàn Đức Tài, *Blockchain là gì? Blockchain có phải tiền ảo không?* truy cập tại <https://thuvienphapluat.vn/chinh-sach-phap-luat-moi/vn/chuyen-doi-so/61448/blockchain-la-gi-blockchain-co-phai-tien-ao-khong>, truy cập ngày 17/7/2024.

4. Grac, “*Grac – công cụ quản lý rác hiệu quả*” phát sóng trên VOH, truy cập tại <https://grac.vn/grac-cong-cu-quan-ly-rac-hieu-qua-phat-song-tren-voh/>, truy cập ngày 17/7/2024.

5. Lam Vân, *Giải pháp quản lý rác thải thông minh (GRAC)*, truy cập tại <https://cesti.gov.vn/bai-viet/kh-cn-trong-nuoc/giai-phap-quan-ly-rac-thai-thong-minh-grac>, truy cập ngày 26/7/2024;

6. Phương Lan, *Quản lý chất thải với IoT*, truy cập tại <https://cesti.gov.vn/bai-viet/khcn-nuoc-ngoai/quan-ly-chat-thai-voi-iot-01010749-0000-0000-0000-000000000000>, truy cập ngày 17/7/2024.

7. Phạm Hoàng Long, *Trí tuệ nhân tạo và vai trò của nó trong đời sống xã hội*, truy cập tại <https://iti.vnu.edu.vn/tri-tue-nhan-tao-va-vai-tro-cua-no-trong-doi-song-xa-hoi/>, truy cập ngày 16/7/2024.

8. Vinausen, *3R là gì? Ý nghĩa và Thực trạng của phương pháp 3R tại Việt Nam*, truy cập tại <https://vinausen.com/vi/thong-tin-moi-truong/3r-la-gi-y-nghia-va-thuc-trang-cua-phuong-phap-3r-tai-viet-nam-73.html>, truy cập ngày 16/7/2024;

9. Vụ Tiết kiệm năng lượng và phát triển bền vững, *Kinh tế tuần hoàn: Sản xuất - Tiêu dùng - Xử lý chất thải*, truy cập tại <https://congnghiepmoitruong.vn/kinh-te-tuan-hoan-san-xuat-tieu-dung-xu-ly-chat-thai-1179.html>, truy cập ngày 16/7/2024;

10. Vsmart, *Internet vạn vật (IoT) là gì?*, truy cập tại <https://www.vsmart.net/vi/internet-van-vat-iot-la-gi>, truy cập ngày 17/10/2024;

11. Corio Waste Management, truy cập tại <https://www.coriowm.com.au/>, truy cập ngày 17/7/2024.

12. Envirowaste, *Digital Transformation in Waste Management: Everything You Need to Know*, truy cập tại <https://envirowaste.com.au/digital-transformation-in-waste-management-everything-you-need-to-know/>, truy cập ngày 26/7/2024.

13. UN, *Global Waste Management Outlook 2024 for Youth: Beyond an age of waste - Turning rubbish into a resource*, truy cập tại <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook-2024-youth-beyond-age-waste-turning-rubbish>, truy cập ngày 26/7/2024.