



## NGHIÊN CỨU VÀ TRIỂN KHAI

**1** Bao bì thông minh: Từ lớp vỏ bảo vệ đến nền tảng tương tác số 2

**2** Chuyển đổi số trong giáo dục nghề nghiệp 9

## ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

**3** Trung tâm dữ liệu xanh - Phần 2: Xu hướng toàn cầu và thách thức tài nguyên trong kỷ nguyên kinh tế số 15

**4** Tín chỉ carbon: “Ngoại tệ mới” trong kỷ nguyên Net Zero 22

**TRAO ĐỔI** 30

## NGHIÊN CỨU VÀ TRIỂN KHAI

# Bao bì thông minh: Từ lớp vỏ bảo vệ đến nền tảng tương tác số

*Từ góc độ vật liệu, bao bì có nguồn gốc sinh học đã góp phần đáp ứng các yêu cầu về tính bền vững và an toàn sinh học. Tuy nhiên, trước nhu cầu tiêu dùng thực phẩm tươi, an toàn và hạn sử dụng dài, bao bì không chỉ dừng lại ở tiêu chí bền vững mà còn được định hướng tích hợp các công nghệ hiện đại, nhằm nâng cao khả năng theo dõi và kiểm soát chất lượng sản phẩm. Trong bối cảnh đó, bao bì thông minh nổi lên như một hướng tiếp cận tiên tiến, mở rộng vai trò của bao bì từ chức năng bảo vệ thụ động sang khả năng cảm nhận, giám sát và truyền đạt thông tin về trạng thái của thực phẩm trong suốt quá trình bảo quản.*

## Bao bì thông minh (Intelligent Packaging)

Theo Quy định của Ủy ban Châu Âu (EC) số 450/2009 ngày 29/5/2009 về các vật liệu và sản phẩm hoạt tính và thông minh dùng để tiếp xúc với thực phẩm, bao bì thông minh được định nghĩa là loại bao bì chứa các thành phần chức năng cho phép giám sát tình trạng của thực phẩm đóng gói hoặc môi trường xung quanh trong quá trình vận chuyển và lưu trữ, từ đó cung cấp thông tin chính xác và đáng tin cậy về trạng thái sản phẩm, điều kiện môi trường và/hoặc tính toàn vẹn của bao bì. Về bản chất, đây là sự mở rộng chức năng cung cấp thông tin của bao bì thực phẩm truyền thống, trong đó thông tin được tạo ra dựa trên khả năng cảm biến và ghi nhận các biến đổi của sản phẩm hoặc môi trường.

Dưới góc độ kỹ thuật, theo Cẩm nang về chế biến và đóng gói thực phẩm đông lạnh (*Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*), bao bì thông minh được định nghĩa là hệ thống bao gói có khả năng thực hiện các chức năng như phát hiện, cảm biến, ghi nhận và truy xuất thông tin. Những chức năng này tạo cơ sở cho việc hỗ trợ ra quyết định nhằm kéo dài thời hạn sử dụng, tăng cường an toàn và cải thiện chất lượng thực phẩm.... Các hệ thống bao bì thông minh thường ứng dụng cảm biến hóa học và cảm biến sinh học, cho phép đánh giá và kiểm soát chất lượng, an toàn thực phẩm xuyên suốt chuỗi cung ứng, từ sản xuất đến tiêu dùng.

## Một số các công nghệ chính của bao bì thông minh

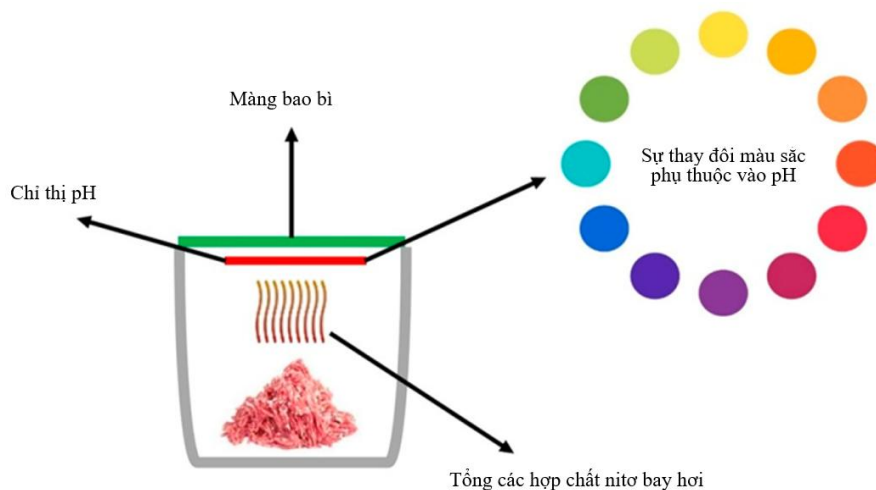
Các tính năng cụ thể của bao bì thông minh thay đổi tùy thuộc vào loại sản phẩm được đóng gói. Nhưng nhìn chung, bao bì thông minh cho phép giám sát và theo dõi sản phẩm trong suốt vòng đời bằng cách cung cấp nền tảng để phân tích và quản lý môi trường bên trong hoặc bên ngoài bao bì, đồng thời cung cấp thông tin theo thời gian thực về tình

trạng sản phẩm cho nhà sản xuất, nhà bán lẻ và người tiêu dùng. Nhiều nghiên cứu đăng trên các tạp chí quốc tế [2], [3], [5] cho thấy bao bì thông minh chủ yếu được xây dựng trên ba nhóm công nghệ chính, bao gồm:

(1) *Nhóm chỉ thị (Indicators)*: cung cấp thông tin về trạng thái và chất lượng thực phẩm, dựa trên các điều kiện mà sản phẩm đã trải qua hoặc mức độ tươi thực tế. Phần lớn hoạt động bằng cách thay đổi màu sắc, ngoài ra còn có các cơ chế khác như huỳnh quang. Các loại chất chỉ thị phổ biến nhất liên quan đến bao bì thực phẩm dựa trên nhiệt độ và độ tươi.

- **Chỉ thị nhiệt độ (Temperature indicators)**: là chỉ thị gián tiếp về chất lượng, phản ánh điều kiện nhiệt mà sản phẩm đã trải qua, qua đó cảnh báo nguy cơ hư hỏng (như biến tính protein hoặc phát triển vi sinh). Bao gồm: Chỉ thị nhiệt độ tới hạn (CTI) - xác định ngưỡng nhiệt có bị vượt quá hay không; Chỉ thị tích hợp thời gian - nhiệt độ (TTI) - cung cấp thông tin về lịch sử nhiệt độ trong suốt chuỗi cung ứng (thông qua biến đổi màu sắc, cơ học, hóa học, enzym hoặc vi sinh); và Nhiệt sắc (thermochromic) - vật liệu thay đổi màu theo nhiệt độ, phù hợp cho đánh giá cảm quan theo thời gian thực.

- **Chỉ thị độ tươi (Freshness indicators)**: là nhóm chỉ thị trực tiếp phản ánh chất lượng thực phẩm thông qua việc phát hiện các biến đổi vi sinh và/hoặc hóa học liên quan đến quá trình hư hỏng. Trong thực phẩm thịt, các chỉ thị thường dựa trên sự hình thành các amin sinh học hoặc khí hydro sunfua ( $H_2S$ ). Đối với hải sản, mức độ phân hủy vi sinh thường được đánh giá thông qua tổng nitơ bazơ dễ bay hơi (TVB-N), bao gồm các hợp chất như dimethylamine (DMA), trimethylamine (TMA) và amoniac. Các hệ chỉ thị này chủ yếu hoạt động bằng cách phát hiện các hợp chất dễ bay hơi trong khoảng không bao bì.



*Sự thay đổi màu sắc của màng chỉ thị khi phản ứng với sự biến đổi pH của thực phẩm do sự hình thành các hợp chất bay hơi. (Nguồn: Biên dịch từ bài báo khoa học "Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Food Colorants" (Ruchir Priyadarshi và cộng sự, 2021)*

(2) *Nhóm mang dữ liệu (Data carriers)*: bao gồm mã vạch và thẻ nhận dạng tần số vô tuyến (RFID), được thiết kế đặc biệt để giúp theo dõi sự di chuyển của các sản phẩm thực phẩm dọc theo chuỗi cung ứng. Chúng thường không được sử dụng để thu thập thông tin về

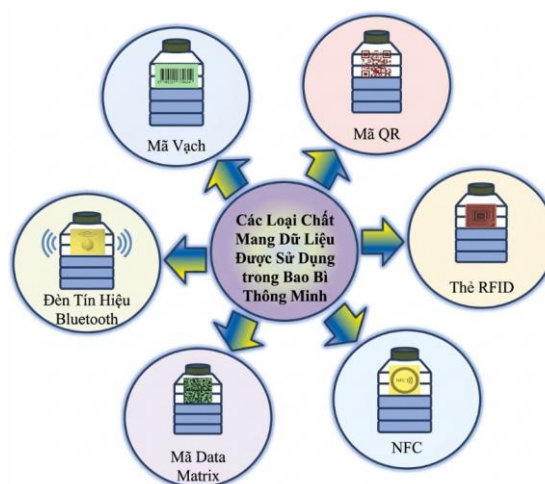
tình trạng chất lượng thực phẩm, mà để cho phép tự động hóa, truy xuất nguồn gốc, ngăn ngừa mất trộm và bảo vệ chống hàng giả.

- Mã vạch (Barcode): Mã vạch là phương pháp lưu trữ và truyền tải thông tin bằng một nhóm các vạch và khoảng trống song song. Đây là công cụ phổ biến nhất trong quản lý kho và thanh toán nhờ chi phí rẻ và tính đơn giản.

- Mã vạch 1D (Tuyến tính): Gồm các vạch dọc chứa dữ liệu số (thường là 12 chữ số). Nó chỉ lưu trữ được thông tin cơ bản như mã sản phẩm và nhà sản xuất. Ví dụ điển hình là mã UPC trên các mặt hàng bán lẻ.

- Mã vạch 2D (Hai chiều): Sử dụng các ma trận chấm và ô vuông (như mã QR, Data Matrix). Loại này có dung lượng lớn hơn nhiều so với mã 1D, cho phép chứa liên kết web, thông tin chi tiết sản phẩm và hỗ trợ truy xuất nguồn gốc. So với mã vạch 1D truyền thống, mã vạch 2D có ưu điểm nổi bật là khả năng tự sửa lỗi (vẫn đọc được khi bị bẩn hoặc rách một phần) và dễ dàng quét bằng điện thoại, giúp kết nối trực tiếp nhà sản xuất với người tiêu dùng.

- Hệ thống nhận dạng qua tần số vô tuyến (RFID): là công nghệ nhận dạng không dây tiên tiến, hoạt động dựa trên sự giao tiếp giữa thẻ (tag) gắn trên sản phẩm và đầu đọc (reader) thông qua sóng vô tuyến mà không cần tiếp xúc trực tiếp. Cấu tạo chính gồm một vi mạch (chip) kết nối với ăng-ten siêu nhỏ để lưu trữ dữ liệu định danh duy nhất (lên đến 1MB). Đầu đọc thực hiện phát và thu sóng dựa trên hiện tượng phản xạ ngược (backscattering) từ thẻ, sau đó truyền dữ liệu về máy chủ hoặc điện thoại di động để xử lý. So với mã vạch, RFID có ưu điểm vượt trội về tốc độ quét hàng loạt và khả năng đọc/ghi nhiều lần. Khi tích hợp cùng các cảm biến môi trường và mạng không dây (WSN), RFID trở thành mắt xích quan trọng của hệ sinh thái IoT, giúp giám sát chất lượng thực phẩm theo thời gian thực và tối ưu hóa chuỗi cung ứng.

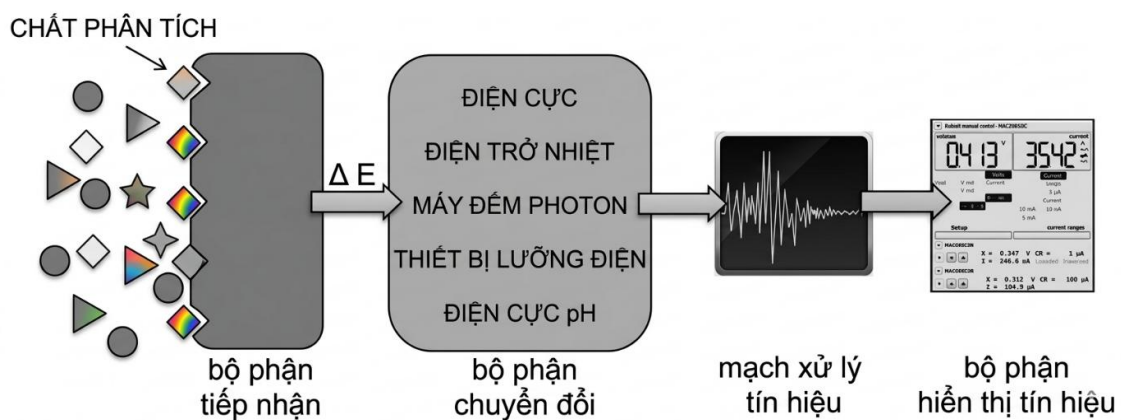


Một số loại phương tiện mang dữ liệu bao gồm mã vạch, mã QR, thẻ RFID, NFC, mã ma trận dữ liệu và các thiết bị phát Bluetooth được sử dụng trong bao bì thông minh. (Nguồn: Biên dịch từ bài báo khoa học "Data carriers for real-time tracking and monitoring in smart, intelligent packaging applications: A technological review" (Annu Kumari và cộng sự, 2025))

- Kết nối trường gần (NFC): Là một nhánh con của công nghệ RFID, NFC cho phép tương tác không dây hai chiều giữa bao bì và điện thoại thông minh ở khoảng cách cực ngắn. Điểm khác biệt của NFC là khả năng biến các vật dụng thông thường thành các điểm tương tác kỹ thuật số thông qua các thẻ được in bằng mực dẫn điện đặc biệt. Thay vì chỉ đọc dữ liệu một chiều, NFC hỗ trợ tiếp thị tương tác, xác thực hàng thật và tăng cường trải nghiệm người dùng. Khi kết hợp với các cảm biến môi trường, NFC giúp bao bì trở nên "thông minh" hơn bằng cách kết nối trực tiếp sản phẩm vào hệ sinh thái IoT, cung cấp thông tin theo thời gian thực dựa trên ngữ cảnh sử dụng của khách hàng.

- Một số công nghệ khác: Bên cạnh các loại mã vạch và RFID truyền thống, bao bì thông minh hiện nay còn tích hợp thêm các công nghệ hiện đại như Thực tế tăng cường (AR) và Đèn tín hiệu Bluetooth (Bluetooth Beacons). Trong đó, Thực tế tăng cường cho phép tạo ra các trải nghiệm tương tác kỹ thuật số sống động qua điện thoại, giúp cung cấp thông tin chi tiết và cá nhân hóa ưu đãi cho khách hàng ngay trên nền bao bì thực tế. Mặt khác, Bluetooth Beacons là các thiết bị phát tín hiệu năng lượng thấp, cho phép truyền tin chủ động và tự động trao đổi dữ liệu trong phạm vi rộng mà không cần tiếp xúc gần. Sự kết hợp của các công nghệ này không chỉ nâng cao tính minh bạch và an toàn cho sản phẩm trong suốt chuỗi cung ứng mà còn là giải pháp then chốt để tăng cường sự gắn kết giữa thương hiệu và người tiêu dùng.

(3) *Nhóm cảm biến hóa học (Chemical sensors):* chuyển đổi các tương tác hóa học trên bề mặt bao bì thành tín hiệu điện có thể đo lường được. Hệ thống gồm bộ phận tiếp nhận (receptor) tương tác với chất phân tích và bộ chuyển đổi (transducer) để tạo ra tín hiệu. Cảm biến hóa học giúp định lượng các khí phát sinh khi thực phẩm hư hỏng (như NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S) hoặc phát hiện các chất độc hại di trú từ bao bì (như BPA). Trong đó, cảm biến sinh học là một dạng đặc biệt của cảm biến hóa học, sử dụng các tác nhân như kháng thể hoặc enzyme để nhận diện chính xác vi khuẩn gây bệnh (E. coli) và độc tố nấm mốc. Có thể kể đến việc ứng dụng công nghệ nano đang giúp các cảm biến này đạt độ nhạy cực cao.



Các thành phần của cảm biến. (Nguồn: Biên dịch từ bài báo khoa học "An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector" (Masoud Ghaani và cộng sự, 2016)

## Các phương pháp chế tạo bao bì thông minh hiện nay

Để hiện thực hóa các công nghệ trên lên bề mặt bao bì một cách hiệu quả và tiết kiệm, theo nghiên cứu tổng quan về những tiến bộ gần đây trong chế tạo bao bì thông minh để bảo quản thực phẩm của Tshamisane Mkhari và cộng sự (2025), đăng trên tạp chí Processes, các phương pháp chế tạo sau đang được ưu tiên:

- *Công nghệ Nano (Nanotechnology)*: Đây là phương pháp phổ biến nhất để sản xuất hàng loạt nhãn thông minh với chi phí thấp qua các kỹ thuật in phun, in lưới hoặc in flexo. Công nghệ này sử dụng mực dẫn điện (chứa hạt nano bạc, đồng, carbon) để chế tạo mạch RFID/NFC và mực nhạy biến (chứa sắc tố sinh học như anthocyanin) để tạo chỉ thị màu, giúp nhận diện trực quan các biến đổi về pH hoặc khí bay hơi từ thực phẩm.

- *In ấn chức năng (Functional Printing)*: Đây là phương pháp phổ biến nhất để sản xuất hàng loạt các chất mang dữ liệu và chất chỉ thị: Mực in dẫn điện (Electroconductive inks): Sử dụng mực chứa hạt nano bạc, đồng hoặc carbon để in trực tiếp ăng-ten RFID và mạch NFC lên bề mặt bao bì giấy hoặc màng sinh học; Mực in nhạy biến (Responsive inks): Các loại mực hoặc thuốc nhuộm sinh học (như anthocyanin từ thực vật) được in lên nhãn mác để tạo ra các chỉ thị màu. Khi tiếp xúc với sự thay đổi pH hoặc các amin bay hơi, các phân tử mực sẽ phản ứng và thay đổi màu sắc trực quan. Các kỹ thuật in như in phun (inkjet), in lưới (screen printing) và in flexo cho phép tích hợp các linh kiện này với tốc độ cao và chi phí thấp;

- *Sản xuất bồi đắp (In 3D/4D)*: cho phép tạo ra các cấu trúc bao bì phức tạp, tùy chỉnh theo sản phẩm và tích hợp sẵn các khoang chứa cảm biến. Bước tiến mới là in 4D, sử dụng vật liệu thông minh có khả năng tự thay đổi hình dáng hoặc tính chất vật lý (như độ trong suốt) khi tiếp xúc với các kích thích môi trường (nhiệt độ, độ ẩm), giúp tối ưu hóa việc bảo quản rau quả tươi.

Sự kết hợp giữa các phương pháp chế tạo này không chỉ giúp tối ưu hóa chức năng giám sát mà còn hướng tới mục tiêu giảm thiểu vật liệu, tiết kiệm năng lượng và thúc đẩy tính bền vững cho toàn bộ chuỗi cung ứng thực phẩm.

## Tiềm năng ứng dụng và thực tiễn nghiên cứu tại Việt Nam

Việc hiện thực hóa các nền tảng công nghệ như in ấn chức năng hay vật liệu thông minh không còn là câu chuyện xa vời mà đang được thúc đẩy mạnh mẽ bởi các nghiên cứu quốc nội, trở thành "*lá chắn*" bảo vệ sức khỏe cộng đồng trước vấn nạn thực phẩm hư hỏng. Minh chứng điển hình cho sự tương thích công nghệ này là nghiên cứu của nhóm sinh viên Đại học Công nghệ Sài Gòn (STU) khi hiện thực hóa lý thuyết về chỉ thị độ tươi, thông qua mực in thông minh từ dịch chiết hoa đậu biếc. Hoạt chất anthocyanin trong mực đóng vai trò là một "*cảm biến hóa học tự nhiên*", phản ứng tức thì với các amin bay hơi sinh ra khi thực phẩm phân hủy để biến đổi màu sắc trực quan (Đỏ – Tím – Xanh) với độ chính xác lên tới 98% trên cá diêu hồng. Điểm nổi bật là mực in từ hoa đậu biếc có nguồn gốc hoàn toàn tự

nhiên, không độc hại, góp phần giải quyết lo ngại về nguy cơ hóa chất thấm thấu vào thực phẩm. Với tính ứng dụng và ý nghĩa thực tiễn cao, đề tài đã đạt giải khuyến khích trong lĩnh vực Công nghệ Thực phẩm tại Giải thưởng Sinh viên Nghiên cứu Khoa học Eureka năm 2022.



*Mực in đổi màu từ đỏ, tím, xanh theo thứ tự từ trái sang thể hiện mức độ hư hỏng thực phẩm tương ứng với mốc thời gian bảo quản từ 0 - 8h - 12h. (Nguồn: stu.edu.vn)*

Tiếp nối dòng chảy đổi mới sáng tạo đó, một dấu ấn quốc tế đáng tự hào khác đến từ sinh viên ngành Công nghệ Thực phẩm, Khoa Công nghệ Sinh học, trường Đại học Quốc tế (ĐHQG-HCM). Với đề tài "*Phát triển màng bao thực phẩm thông minh phân hủy sinh học tích hợp với betacyanin từ thanh long đỏ và củ dền để kiểm soát chất lượng thực phẩm*", nhóm nghiên cứu đã xuất sắc vượt qua các thí sinh trên toàn thế giới để đạt giải thưởng Global Winner 2023, một chương trình giải thưởng học thuật hàng đầu nhằm tôn vinh các công trình nghiên cứu bậc đại học xuất sắc và lan tỏa đến cộng đồng quốc tế. Nghiên cứu này tập trung khai thác chất betacyanins, một sắc tố tự nhiên an toàn từ rau củ kết hợp cùng nền vật liệu chitosan để tạo ra màng bọc có khả năng chỉ thị tình trạng hư hỏng của thực phẩm thông qua biến đổi màu sắc. Thành công này không chỉ khẳng định năng lực nghiên cứu của thế hệ trẻ Việt Nam mà còn cho thấy tiềm năng to lớn trong việc tận dụng nguồn nguyên liệu tự nhiên bản địa để tạo ra các giải pháp bao bì thông minh, an toàn và thân thiện với môi trường. Kết quả từ những nghiên cứu này không chỉ khẳng định khả năng thay thế các phương pháp kiểm tra truyền thống tốn kém mà còn mở ra hướng đi mới cho giải pháp tem và màng sinh học giá rẻ gắn trực tiếp lên bao bì. Người tiêu dùng chỉ cần quan sát sự thay đổi màu sắc của tem hoặc màng bọc là có thể nhận biết thực phẩm còn an toàn hay đã hỏng, thay vì chỉ dựa vào hạn sử dụng in sẵn vốn không phản ánh đầy đủ điều kiện bảo quản thực tế.

Mặc dù sở hữu tiềm năng vượt trội và đã có những bước tiến nhất định tại thị trường nội địa, việc ứng dụng rộng rãi bao bì thông minh vẫn đối mặt với những rào cản lớn về cả nhận thức lẫn kỹ thuật. Một quan niệm sai lầm phổ biến hiện nay là cho rằng công nghệ này quá đắt đỏ và chỉ dành riêng cho các tập đoàn đa quốc gia. Tuy nhiên, thực tế chứng minh rằng sự phát triển của công nghệ in kỹ thuật số cùng các loại mực chức năng có nguồn gốc tự nhiên đang kéo chi phí sản xuất xuống mức phù hợp (dao động từ 1.500 đến 5.000 đồng/tem). Điều này

mở ra cơ hội tiếp cận rất lớn cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ (SMEs) tại Việt Nam, giúp họ nâng cao năng lực cạnh tranh mà không chịu áp lực quá lớn về tài chính.

\*\*\*

Bao bì thông minh không còn là một khái niệm mang tính tương lai mà đã trở thành một giải pháp thực tiễn, đóng vai trò như cầu nối số giữa nhà sản xuất, sản phẩm và người tiêu dùng. Việc tích hợp các hệ thống chỉ thị, mang dữ liệu và cảm biến không chỉ giúp nâng cao khả năng kiểm soát chất lượng, hạn chế hư hỏng thực phẩm hay chống hàng giả, mà còn góp phần đáp ứng các yêu cầu ngày càng nghiêm ngặt về an toàn và truy xuất nguồn gốc trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Những tiến bộ trong in ấn, cùng với các công nghệ như NFC, cảm biến số, trí tuệ nhân tạo và blockchain, đang tạo nền tảng cho sự phát triển mạnh mẽ của lĩnh vực này. Đối với Việt Nam, mặc dù chưa có những kết quả nghiên cứu quy mô lớn, nhưng việc chủ động từng bước làm chủ công nghệ đã cho thấy tiềm năng sản xuất bao bì thông minh trong nước, giảm phụ thuộc vào các sản phẩm nhập khẩu và tăng khả năng cạnh tranh trên thị trường quốc tế.

**Vân Anh**

---

### **Tài liệu tham khảo chính**

- [1] Anh, H. (2023, 09 26). Phát triển màng bao thực phẩm thông minh, sinh viên 'ăm' giải quốc tế. Retrieved from Khoa học phổ thông online: <https://khoa hocphothong.vn/phat-trien-mang-bao-thuc-pham-thong-minh-sinh-vien-am-giai-quoc-te-249518.html>
- [2] Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Farris, S., & Castelli, G. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 1-11.
- [3] Kumari, A., & Gaikwad, K. K. (2025). Data carriers for real-time tracking and monitoring in smart, intelligent packaging applications: A technological review. *Next Materials*, 100591.
- [4] Kuswandi, B.; Wicaksono, Y.; Jayus; Abdullah, A.; Heng, L.Y.; Ahmad, M. (2011). Smart Packaging: Sensors for Monitoring of Food Quality and Safety. *Food Qual*, 137-146.
- [5] Mkhari, T., Adeyemi, J. O., & Fawole, O. A. (2025). Recent Advances in the Fabrication of Intelligent Packaging for Food Preservation: A Review. *Processes*, 13(2).
- [6] S. Kalpana, S.R. Priyadarshini, M. Maria Leena, J.A. Moses, C. Anandharamkrishnan. (2019). Intelligent packaging: trends and applications in food systems. *Trends Food Sci*, 145-157.
- [7] Sun, D.-W. (2012). Intelligent packaging. In *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging* (pp. 837-860). Boca Raton: CRC Press.
- [8] Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn. (2023, 01 27). Retrieved from Sinh viên làm mực in thông minh nhận biết thực phẩm hỏng: <https://stu.edu.vn/vi/334/18993/sinh-vien-lam-muc-in-thong-minh-nhan-biet-thuc-pham-hong.html>
- [9] Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., & De Meulenaer. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*, 47-62.

# Chuyển đổi số trong giáo dục nghề nghiệp

**Trong bối cảnh chuyển đổi số diễn ra mạnh mẽ, việc triển khai các công nghệ như thực tế ảo, thực tế tăng cường, bài giảng mô phỏng 3D và trí tuệ nhân tạo vào đào tạo nghề giúp tạo ra môi trường học tập trực quan, linh hoạt và an toàn, hỗ trợ người học rèn luyện kỹ năng sát thực tế sản xuất, qua đó nâng cao chất lượng đào tạo và đáp ứng nhu cầu nhân lực kỹ thuật.**

Theo ông Lê Việt Anh (Chánh Văn phòng Cục Quản lý Chất lượng, Bộ Giáo dục và Đào tạo), chia sẻ tại Hội thảo “Ứng dụng các công cụ AI (trí tuệ nhân tạo) trong phát triển giáo dục nghề nghiệp” do Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam tổ chức ngày 6/11/2025, việc tích hợp AI vào giáo dục nói chung và giáo dục nghề nghiệp nói riêng là xu thế tất yếu, công nghệ này không chỉ góp phần đổi mới phương thức quản lý, giảng dạy và học tập, mà còn thúc đẩy mạnh mẽ tiến trình chuyển đổi số của ngành. Với hơn 1.800 cơ sở giáo dục nghề nghiệp (trong đó gần 400 trường cao đẳng) trên cả nước, Bộ Giáo dục và Đào tạo đang tiếp tục hoàn thiện khung năng lực nghề nghiệp, xác định năng lực số và khả năng ứng dụng công nghệ là tiêu chí quan trọng để đánh giá người học. Định hướng này được thể hiện rõ trong Nghị quyết số 71-NQ/TW ngày 22/8/2025 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển giáo dục và đào tạo, xem chuyển đổi số và AI là một trong những động lực then chốt trong quản lý, dạy học, kiểm tra, đánh giá và quản trị giáo dục. Quyết định số 1504/QĐ-BGDĐT ngày 30/5/2025 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành chương trình phổ cập kiến thức, kỹ năng số cho sinh viên, nhằm trang bị năng lực công nghệ, kỹ năng phân tích dữ liệu và khả năng ứng dụng AI trong học tập, nghiên cứu và công việc sau này.

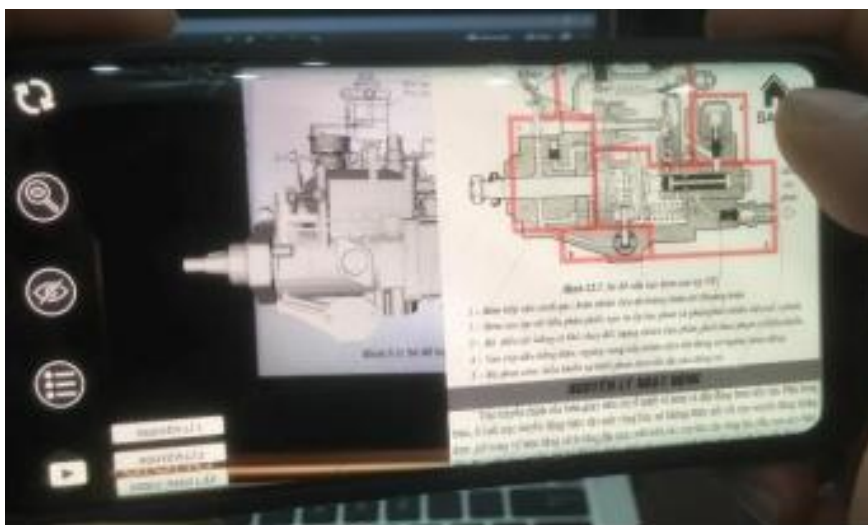
## Một số công nghệ ứng dụng trong đào tạo nghề

**Công nghệ thực tế ảo (VR):** VR mô phỏng không gian ba chiều, cho phép người học quan sát cấu tạo thiết bị và thao tác thử nghiệm như trong môi trường thật. Theo Viện Đổi mới Sáng tạo và Kinh tế số (IIDE - trực thuộc Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải), mô hình bài giảng VR “hộp giảm tốc” đã được thử nghiệm thành công trong đào tạo kỹ thuật cơ khí. Mô hình này được phát triển trong khuôn khổ Dự án làm chủ công nghệ và thiết lập Quy trình sản xuất học liệu số VR, do Viện Đổi mới Sáng tạo và Kinh tế số chủ trì, phối hợp với các đơn vị trong và ngoài Trường, cùng Phòng Đào tạo và Phòng Khoa học Công nghệ và Hợp tác quốc tế thực hiện. Thông qua mô phỏng 3D, học viên có thể xoay chi tiết, quan sát chuyển động bánh răng, thực hành thao tác tháo - lắp mà không gây rủi ro hư hỏng thiết bị hoặc tổn vật tư. Công nghệ VR giúp tái hiện các tình huống khó triển khai trên thiết bị thật, tạo môi trường thực hành an toàn, trực quan, hỗ trợ giảng viên và thúc đẩy chuyển đổi số trong đào tạo nghề.



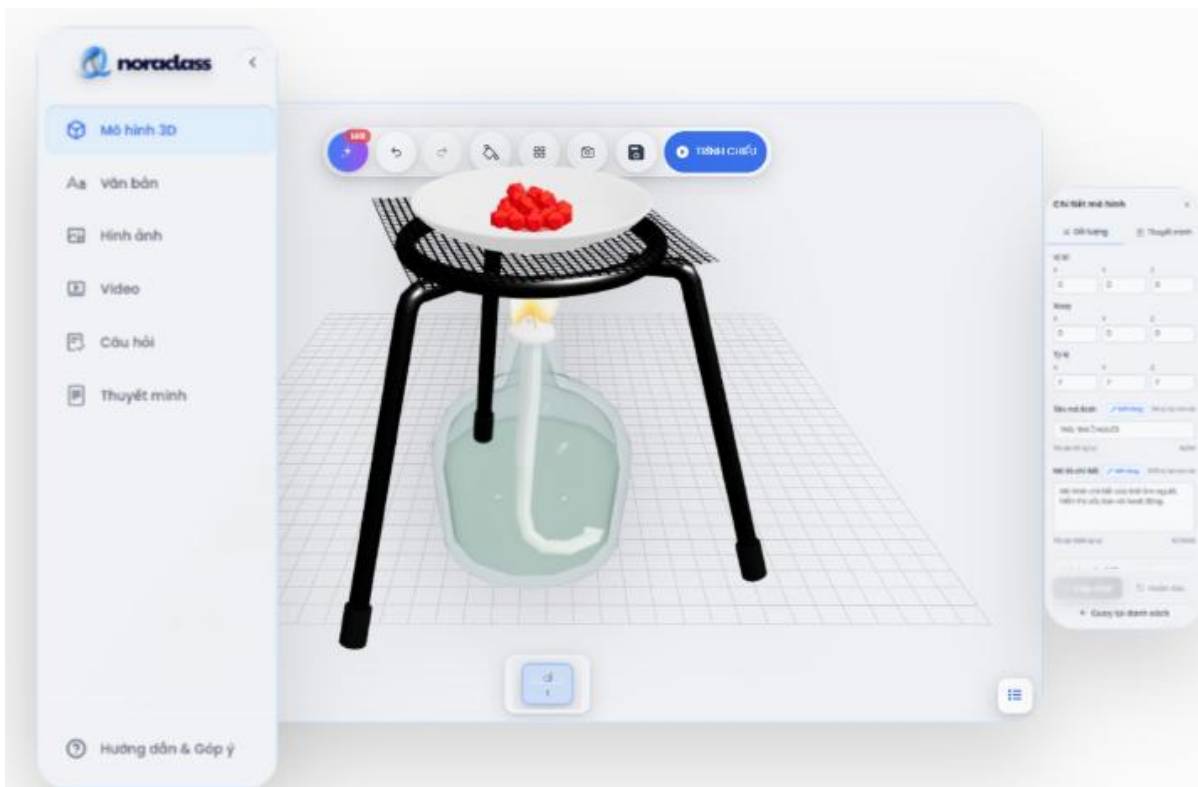
Ứng dụng kính VR trên bài giảng "Hộp giảm tốc" (Nguồn: Kết quả dự án)

**Thực tế tăng cường (AR):** AR là công nghệ tích hợp các đối tượng ảo và thông tin số vào môi trường thực, cho phép người học tương tác trực tiếp với vật thể thông qua các thiết bị như điện thoại thông minh hoặc máy tính bảng. Trong đào tạo nghề, AR hỗ trợ hiển thị mô hình 3D và thông tin kỹ thuật ngay trên đối tượng học tập, giúp người học quan sát và tiếp cận kiến thức một cách trực quan. Theo kết quả nghiên cứu năm 2020 của ThS. Nguyễn Tấn Ngọc (Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh) đăng trên *Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật số 58 (06/2020)*, công nghệ AR đã được ứng dụng trong giảng dạy hệ thống bơm cao áp động cơ Diesel, cho phép người học quan sát cấu tạo, nguyên lý hoạt động và các chi tiết bên trong thiết bị thông qua mô hình 3D hiển thị trực tiếp trên giáo trình hoặc hình ảnh nhận diện. Khi sử dụng phần mềm, camera thiết bị có thể nhận dạng hình ảnh và hiển thị nội dung số tương ứng, đồng thời tích hợp các chức năng như xoay, phóng to, thu nhỏ và xem video hướng dẫn thao tác. Công nghệ AR giúp người học dễ dàng hình dung các chi tiết phức tạp, tăng khả năng nhận diện và giảm nhầm lẫn trong quá trình học tập, đặc biệt đối với các nội dung kỹ thuật khó quan sát bằng phương pháp truyền thống. Việc ứng dụng AR góp phần nâng cao tính trực quan, hỗ trợ giảng dạy và thúc đẩy chuyển đổi số trong đào tạo nghề.



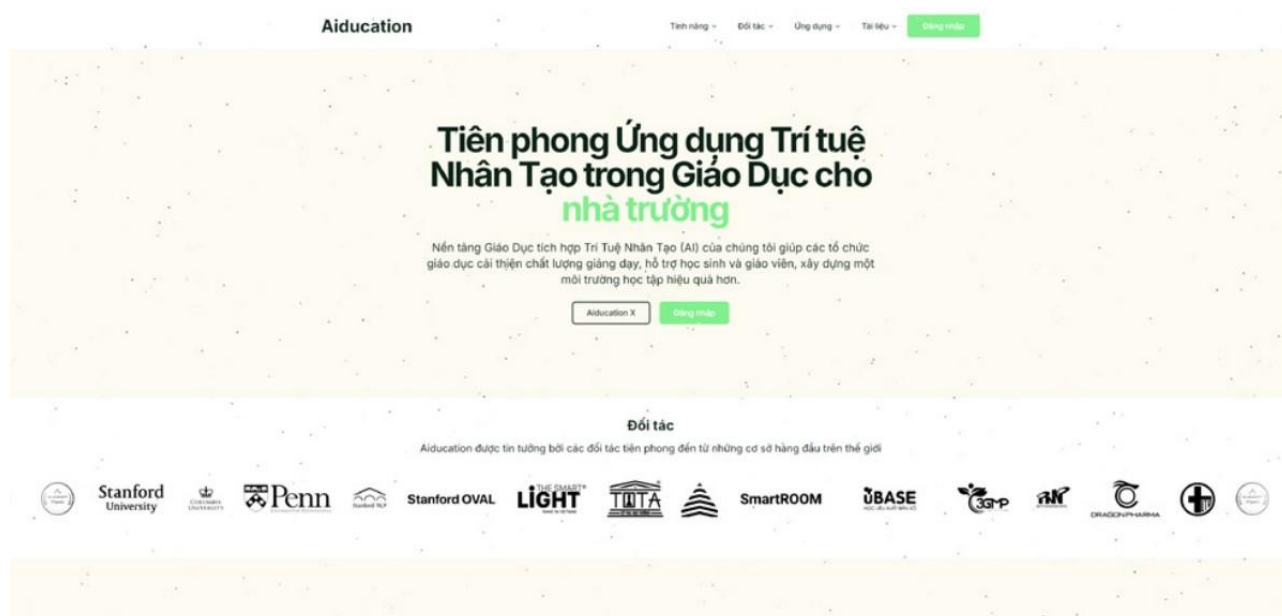
Ứng dụng AR cho bơm cao áp trong thực tế (Nguồn: Kết quả nghiên cứu)

*Bài giảng mô phỏng 3D*: được hiểu là một phương pháp giảng dạy sử dụng công nghệ máy tính để tạo ra các mô hình ba chiều, giúp học sinh dễ dàng hình dung các khái niệm phức tạp một cách trực quan và sinh động. Tại Việt Nam, nền tảng “*NoraClass*” do Rebo Education phát triển là một ví dụ tiêu biểu cho hướng tiếp cận này. Rebo Education khởi nguồn từ một đề tài nghiên cứu khoa học do Ông Võ Nguyễn Đình Trí và Ông Nguyễn Quang Đức (Trường THPT Phan Châu Trinh, Đà Nẵng) thực hiện từ năm 2019, sau đó được phát triển thành hệ thống học liệu số 3D tích hợp trí tuệ nhân tạo, hỗ trợ nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập. Năm 2024, dự án đạt danh hiệu Quán quân Vietnam Youth Startup tại cuộc thi Startup Wheel, đánh dấu bước phát triển từ nghiên cứu sang ứng dụng thực tiễn. Đến nay, nền tảng đã hình thành hệ sinh thái học tập số và được triển khai tại hơn 50 cơ sở giáo dục, đồng thời tiếp tục được hoàn thiện theo định hướng tích hợp công nghệ mô phỏng 3D, AI và học liệu số nhằm tăng cường tính trực quan và cá nhân hóa quá trình học tập. Thông qua các mô hình 3D, người học có thể xoay, phóng to, thu nhỏ và quan sát chi tiết các đối tượng trong không gian số, đồng thời tiếp cận nội dung tích hợp như hình ảnh, video và câu hỏi tương tác ngay trong bài giảng. Khi kết nối với hệ thống quản lý học tập (LMS), giáo viên có thể trình bày bài giảng tương tự các công cụ quen thuộc nhưng với mức độ trực quan và linh hoạt cao hơn. Việc ứng dụng mô phỏng 3D góp phần chuẩn hóa nội dung giảng dạy, giảm chênh lệch giữa các lớp học, đồng thời nâng cao khả năng tự học và mức độ tiếp thu của người học. Đây là một trong những hướng tiếp cận quan trọng trong chuyển đổi số giáo dục, đặc biệt trong đào tạo nghề – nơi yêu cầu cao về trực quan hóa và gắn kết với thực tiễn kỹ thuật.



Giao diện NoraClass (Nguồn: Công ty Cổ phần Công nghệ REBO)

*Trí tuệ nhân tạo (AI)*: là một ngành thuộc lĩnh vực khoa học máy tính nhằm tạo ra các hệ thống hoặc chương trình có khả năng thực hiện các nhiệm vụ một cách thông minh như con người. AI được ứng dụng trong giáo dục nghề nghiệp như một công cụ hỗ trợ giám sát và đánh giá thao tác kỹ thuật của người học. Theo quan điểm của Bà Nguyễn Thị Ngọc Hà (Trường Đại học Dược Hà Nội) và cộng sự, AI đóng vai trò thúc đẩy đổi mới giáo dục thông qua cá nhân hóa học tập, cải thiện hoạt động đánh giá và tự động hóa quy trình quản lý. Mô hình trường học trực tuyến tích hợp trí tuệ nhân tạo được hình thành như một nền tảng giáo dục số, trong đó AI được ứng dụng toàn diện vào ba hoạt động chính: dạy học, học tập và quản trị. Mô hình này cho phép triển khai các hình thức học tập cá nhân hóa, lớp học thông minh với trợ lý AI, cũng như các hệ thống phân tích dự đoán nhằm theo dõi tiến trình học tập, phát hiện sớm người học có nguy cơ gặp khó khăn và hỗ trợ ra quyết định can thiệp phù hợp, góp phần nâng cao chất lượng và hiệu quả giáo dục.



*Trang chủ của trường học trực tuyến Aiducation.vn (Nguồn: Kết quả nghiên cứu)*

Trong thực tiễn triển khai, AI góp phần đổi mới toàn diện nội dung, phương pháp giảng dạy và quản lý. Tại Hội thảo “Ứng dụng các công cụ AI (Trí tuệ nhân tạo) trong phát triển giáo dục nghề nghiệp” do Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam (VUSTA) phối hợp với Viện Nghiên cứu Giáo dục Nghề nghiệp tổ chức vào tháng 11/2025, Ông Nguyễn Thành Hưng, nguyên Phó Vụ trưởng Vụ Quan hệ quốc tế (Văn phòng Chính phủ) cho rằng AI đang tạo ra bước đột phá trong giáo dục nghề nghiệp thông qua tự động hóa giảng dạy, cá nhân hóa học tập và mô phỏng kỹ năng nghề. Nhờ khả năng phân tích dữ liệu, AI hỗ trợ đào tạo theo năng lực người học, đồng thời giúp giảng viên và cơ sở đào tạo nâng cao hiệu quả xây dựng nội dung, đánh giá và quản lý. Để triển khai hiệu quả, cần xây dựng chiến lược chuyển đổi số rõ ràng, đầu tư hạ tầng công nghệ, nâng cao năng lực số cho đội

ngũ giảng viên và thiết lập nguyên tắc sử dụng AI phù hợp. Trong đó, người học và giảng viên vẫn giữ vai trò trung tâm, tránh phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ. AI được xem là xu hướng tất yếu, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo và đáp ứng nhu cầu nguồn nhân lực trong bối cảnh chuyển đổi số.

### **Thách thức trong triển khai và vấn đề sở hữu trí tuệ**

Dù chuyển đổi số trong giáo dục nghề nghiệp đang đạt nhiều kết quả tích cực, quá trình triển khai các công nghệ như VR, AR, mô phỏng 3D và AI vẫn gặp nhiều thách thức. Theo nhận định tại Hội thảo *"Ứng dụng các công cụ AI (Trí tuệ nhân tạo) trong phát triển giáo dục nghề nghiệp"*, quá trình tích hợp công nghệ tại các cơ sở giáo dục nghề nghiệp hiện còn thiếu đồng bộ, phân tán và chưa hình thành hệ sinh thái hoàn chỉnh. Các điểm nghẽn chính bao gồm: thiếu chuẩn dữ liệu phục vụ tích hợp và chia sẻ thông tin; hạn chế về hạ tầng công nghệ và thiết bị mô phỏng hiện đại; cùng với đó là năng lực số của đội ngũ giảng viên và cán bộ quản lý còn chưa đáp ứng yêu cầu triển khai sâu các công nghệ mới.

Bên cạnh đó, trong bối cảnh gia tăng ứng dụng học liệu số, vấn đề sở hữu trí tuệ ngày càng trở nên quan trọng. Tại Hội thảo khoa học cấp quốc gia về *"Tăng cường tuyên truyền sở hữu trí tuệ (SHTT) trong hệ thống giáo dục nghề nghiệp (GDNN) tại Thành phố Hồ Chí Minh: Giải pháp thực tiễn gắn với chuyển đổi số"* do Ban Tuyên giáo và Dân vận Thành ủy TP.HCM, Học viện Quản lý Giáo dục và Trường Cao đẳng Kinh tế TP.HCM đồng chủ trì (tháng 9/2025), các chuyên gia nhấn mạnh rằng sở hữu trí tuệ không chỉ là một khái niệm pháp lý mà còn là công cụ bảo vệ giá trị sáng tạo của người học và giảng viên, cần được tích hợp một cách hệ thống trong đào tạo nghề. Tuy nhiên, thực tế cho thấy lĩnh vực này vẫn còn thiếu khung chương trình chuẩn, học liệu chính thống và đội ngũ chuyên trách. Vì vậy, việc đưa nội dung sở hữu trí tuệ vào chương trình đào tạo, đồng thời phát triển học liệu số và nâng cao năng lực cho giảng viên, người học được xem là giải pháp cần thiết nhằm bảo đảm tính bền vững trong quá trình chuyển đổi số.

\*\*\*

Chuyển đổi số đang mở ra cơ hội lớn để đổi mới toàn diện giáo dục nghề nghiệp, từ phương pháp giảng dạy đến cách thức quản lý và đánh giá năng lực người học. Tuy nhiên, để tiến trình này phát huy hiệu quả, các cơ sở đào tạo cần chú trọng đầu tư đồng bộ giữa hạ tầng công nghệ, năng lực số và bảo vệ tài sản trí tuệ. Những công nghệ như VR, AR, mô phỏng 3D và AI không chỉ mang lại phương thức học tập hiện đại mà còn khẳng định vai trò của sở hữu trí tuệ như một trụ cột trong phát triển bền vững. Khi quyền SHTT được bảo đảm, tri thức được chia sẻ đúng cách, giáo dục nghề nghiệp sẽ thật sự trở thành môi

trường sáng tạo, góp phần hình thành nguồn nhân lực kỹ năng cao, hiểu biết pháp luật và sẵn sàng hội nhập trong kỷ nguyên số.

**Kim Nhung**

-----

### **Tài liệu tham khảo chính**

[1] Nhật Linh. (2025). Đưa sở hữu trí tuệ vào giáo dục nghề nghiệp trong kỷ nguyên số. *Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM*: <https://dost.hochiminhcity.gov.vn/hoat-dong-so-khcn/du-so-huu-tri-tue-vao-giao-duc-nghe-nghiep-trong-ky-nguyen-so/>

[2] Nguyễn Tấn Ngọc. (2020). Ứng dụng augmented reality trong việc giảng dạy và học tập bơm cao áp diesel. *Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật*, pp. vol 15, số p.h 3, tr 67–75. <https://jte.edu.vn/index.php/jte/article/view/288>

[3] Nguyễn Thị Ngọc Hà; Bùi Mạnh Hùng. (2025). Một số vấn đề cơ bản về xây dựng trường học trực tuyến tích hợp công nghệ trí tuệ nhân tạo. *Tạp chí Khoa học Giáo dục Việt Nam*: [http://vjes.vnies.edu.vn/sites/default/files/khgdvn\\_-\\_tap\\_21\\_-\\_so\\_01\\_-20-26.pdf](http://vjes.vnies.edu.vn/sites/default/files/khgdvn_-_tap_21_-_so_01_-20-26.pdf)

[4] PT. (2025). Ứng dụng công cụ AI trong phát triển giáo dục nghề nghiệp. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*: <https://vjst.vn/ung-dung-cong-cu-ai-trong-phat-trien-giao-duc-nghe-nghiep-76650.html>

[5] Lê Huy. (2025). Chuyển đổi số giáo dục qua học liệu mô phỏng 3D Rebo Education. *Báo Tuổi trẻ*: <https://tuoitre.vn/chuyen-doi-so-giao-duc-qua-hoc-lieu-mo-phong-3d-rebo-education-20250807010328308.htm>

[6] Viện Đổi mới sáng tạo và Kinh tế số. (2025). UTT thử nghiệm thành công công nghệ mô phỏng VR/AR thông qua buổi Kiểm thử và Demo bài giảng VR Hộp giảm tốc - Bước tiến chuyển đổi số trong đào tạo kỹ thuật: <https://iide.utt.edu.vn/utt-thu-nghiem-thanh-cong-cong-nghe-mo-phong-vrar-thong-qua-buoi-kiem-thu-va-demo-bai-giang-vr-hop-giam-toc-buoc-tien-chuyen-doi-so-trong-dao-tao-ky-thuat.html>

[7] Công ty Cổ phần Công nghệ REBO. (2025). <https://rebo.edu.vn/>

## ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

## Trung tâm dữ liệu xanh - Phần 2: Thực trạng phát triển trung tâm dữ liệu tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi sang mô hình trung tâm dữ liệu xanh

*Trước những cam kết về Net Zero tại Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu (COP26) và yêu cầu phát triển hạ tầng số theo hướng bền vững, việc đánh giá thực trạng phát triển trung tâm dữ liệu (TTDL) tại Việt Nam có ý nghĩa quan trọng, nhằm xác định tiềm năng, đồng thời làm rõ các điều kiện và định hướng cho quá trình chuyển đổi sang mô hình TTDL xanh trong thời gian tới, qua đó làm cơ sở đề xuất các giải pháp phù hợp với điều kiện thực tiễn, giúp Việt Nam khẳng định vị thế trong chuỗi cung ứng TTDL xanh trên bản đồ khu vực và thế giới.*

### Thực trạng phát triển TTDL tại Việt Nam

Theo các báo cáo phân tích thị trường của P&S Intelligence, Việt Nam đang trở thành một trong những thị trường TTDL có tốc độ phát triển nhanh tại khu vực châu Á. Quy mô thị trường đạt giá trị 1.416,2 triệu USD vào năm 2025, dự kiến đạt 1.652,7 triệu USD năm 2026 và 4.371,4 triệu USD vào năm 2032, với tốc độ tăng trưởng kép hằng năm (CAGR) ước đạt 17,5% trong giai đoạn 2026-2032.

Song song với sự gia tăng về quy mô thị trường, hạ tầng TTDL trong nước ghi nhận mức mở rộng đáng kể. Theo Báo cáo Điện toán Đám mây và Trung tâm Dữ liệu Việt Nam (VNCDL 2024), tổng công suất TTDL tại Việt Nam tăng từ 45 MW năm 2024 lên khoảng 525 MW năm 2025, và dự báo có thể đạt gần 1.000 MW vào năm 2030. Điều này cho thấy tiềm năng phát triển về hạ tầng TTDL của Việt Nam đang rất lớn, nhằm đáp ứng sự gia tăng nhu cầu lưu trữ và xử lý dữ liệu phát sinh từ sự phát triển của các công nghệ số mới, đặc biệt là trí tuệ nhân tạo (AI), điện toán đám mây và các dịch vụ số, cũng như yêu cầu thúc đẩy chuyển đổi số quốc gia và phát triển kinh tế số.

## Vietnam Data Center Market

CAGR 17.5%



Quy mô thị trường TTDL tại Việt Nam (Nguồn: Vietnam Data Center Market Size & Share Analysis - Emerging Trends, Growth Opportunities, Competitive Landscape, and Forecasts (2026–2032) (P&S Intelligence, 2026))

Bên cạnh sự gia tăng của nhu cầu thị trường, môi trường chính sách và pháp lý đối với TTDL tiếp tục được hoàn thiện theo hướng thông thoáng, tạo điều kiện thuận lợi cho thu hút đầu tư. Luật Viễn thông năm 2023 (có hiệu lực từ 01/7/2024) quy định hoạt động “đầu tư kinh doanh dịch vụ TTDL, dịch vụ điện toán đám mây không giới hạn tỷ lệ sở hữu cổ phần, phần vốn góp hoặc tỷ lệ đóng góp của nhà đầu tư nước ngoài”, mở rộng đáng kể dư địa thu hút vốn đầu tư quốc tế vào lĩnh vực hạ tầng dữ liệu. Bên cạnh đó, Luật An ninh mạng năm 2025 (có hiệu lực ngày 01/7/2026) với quy định “dữ liệu về thông tin cá nhân, dữ liệu về mối quan hệ của người sử dụng dịch vụ, dữ liệu do người sử dụng dịch vụ tại Việt Nam tạo ra phải áp dụng các biện pháp bảo vệ dữ liệu theo quy định của pháp luật và lưu trữ dữ liệu này tại Việt Nam trong thời gian theo quy định của Chính phủ”, được kỳ vọng sẽ làm gia tăng nhu cầu lưu trữ, quản trị và bảo vệ dữ liệu trong nước, qua đó thúc đẩy sự phát triển và mở rộng các dịch vụ TTDL trong nước.

Ngoài ra, lợi thế cạnh tranh về chi phí đầu tư là một yếu tố quan trọng nâng cao sức hấp dẫn của thị trường Việt Nam. Theo đánh giá của Cushman & Wakefield, năm 2025, chi phí xây dựng TTDL tại Việt Nam ước tính dao động khoảng 5,4-8,4 triệu USD/MW, thuộc nhóm thấp trong khu vực và thấp hơn đáng kể so với một số thị trường đã phát triển như Singapore (9,2-14,2 triệu USD/MW), Indonesia (6,9-10,6 triệu USD/MW) và Malaysia (6,4-11,5 triệu USD/MW). Lợi thế này góp phần giảm tổng mức đầu tư ban đầu, tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai các dự án TTDL quy mô lớn và củng cố vị thế của Việt Nam như một điểm đến tiềm năng trong chuỗi giá trị hạ tầng số khu vực.

THỊ TRƯỜNG	Tiêu chuẩn Thấp \$/ MW	Tiêu chuẩn Trung Bình \$/ MW	Tiêu chuẩn Cao \$/ MW
Nhật Bản	\$10,449,000	\$13,235,400	\$16,021,800
Singapore	\$9,268,628	\$11,740,262	\$14,211,896
Úc	\$7,604,533	\$9,632,409	\$11,660,284
Hàn Quốc	\$7,503,756	\$9,504,758	\$11,505,759
Hong Kong, Trung Quốc	\$7,414,298	\$9,391,444	\$11,368,590
New Zealand	\$7,310,491	\$9,259,955	\$11,209,420
Malaysia	\$6,487,788	\$9,024,147	\$11,560,506
Indonesia	\$6,935,119	\$8,784,484	\$10,633,849
Thái Lan	\$6,054,469	\$7,668,994	\$9,283,519
Ấn Độ	\$5,626,530	\$7,126,938	\$8,627,346
Trung Quốc Đại Lục	\$5,613,504	\$7,110,438	\$8,607,373
Philippines	\$5,520,000	\$6,966,214	\$8,412,427
Việt Nam	\$5,475,473	\$6,935,600	\$8,395,726
Đài Loan, Trung Quốc	\$5,047,296	\$6,393,241	\$7,739,187

Chi phí xây dựng TTDL trên mỗi megawatt (MW) của các nước khu vực Châu Á Thái Bình Dương (Nguồn: APAC Data Centre Construction Cost Guide 2025, (Cushman & Wakefield, 2025))

Nhìn tổng thể, Việt Nam đang hội tụ nhiều điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của thị trường TTDL, bao gồm nhu cầu tăng trưởng mạnh, khung pháp lý ngày càng thông thoáng và chi phí đầu tư cạnh tranh. Tuy nhiên, bên cạnh những điều kiện thuận lợi, TTDL tại Việt Nam đang phải đối mặt với thách thức về nhu cầu năng lượng.

Theo Huawei Digital Power (2024), một TTDL cỡ trung bình (5-10 MW) tiêu thụ khoảng 43,8-87,6 triệu kWh điện mỗi năm, tương ứng với giả định vận hành liên tục 8.760 giờ, qua đó có thể tính toán, 1 MW công suất TTDL tiêu thụ khoảng 8,76 triệu kWh/năm; trên cơ sở tính toán này, tổng điện năng tiêu thụ của các TTDL tại Việt Nam ước đạt khoảng 394,2 triệu kWh năm 2024, tăng mạnh lên 4,6 tỷ kWh năm 2025 và có thể đạt 8,76 tỷ kWh vào năm 2030 chiếm 1,6% đến 1,8% tổng sản lượng điện tiêu thụ cả nước. Qua đó cho thấy nhu cầu năng lượng của hạ tầng dữ liệu gia tăng nhanh và tạo áp lực đáng kể lên hệ thống cung cấp điện quốc gia.

Hiện nay, các TTDL tại Việt Nam đang áp dụng một số tiêu chuẩn kỹ thuật như TCVN 9250:2021, ANSI/TIA-942-B:2017, ANSI/TIA-942-C:2024 và phân loại Tier của Uptime Institute theo quy định tại Thông tư số 42/2025/TT-BKHCHN ngày 30/11/2025 của Bộ Khoa học và Công nghệ. Bên cạnh đó, các yêu cầu về an toàn thông tin, hạ tầng kỹ thuật và bảo đảm an ninh quốc gia cũng được đặt ra trong Quy hoạch hạ tầng thông tin và truyền thông giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quyết định số 36/QĐ-TTg ngày 11/01/2024 của Thủ tướng Chính phủ), trong đó nhấn mạnh mục tiêu TTDL đạt tiêu chuẩn xanh theo các chuẩn quốc tế, với chỉ số hiệu quả sử dụng năng lượng (PUE) đối với các TTDL đầu tư xây dựng mới không vượt quá 1,4. Đồng thời, Luật Viễn thông cũng quy định phát triển TTDL theo hướng

bền vững, hiện đại, góp phần hình thành hạ tầng số phục vụ phát triển kinh tế số, xã hội số, bảo đảm quốc phòng, an ninh và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân.

Trong thực tế, phần lớn các TTDL hiện nay được xây dựng và vận hành theo tiêu chuẩn quốc tế Tier III của Uptime Institute nhằm bảo đảm mức độ sẵn sàng và khả năng dự phòng của hệ thống. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn này chủ yếu tập trung vào yêu cầu kỹ thuật, độ tin cậy của hạ tầng, an toàn thông tin và an ninh, trong khi chưa phản ánh đầy đủ các yếu tố về hiệu quả sử dụng năng lượng và tài nguyên, cũng như chưa bao quát toàn bộ vòng đời của TTDL từ quy hoạch, thiết kế, xây dựng đến vận hành. Do đó, việc tích hợp các tiêu chí phát triển TTDL xanh - bao gồm tối ưu hóa hiệu quả năng lượng, quản lý tài nguyên, giảm phát thải và sử dụng năng lượng tái tạo - hiện vẫn chủ yếu mang tính khuyến khích, tự nguyện, chưa được quy định bắt buộc trong hệ thống chính sách và quy định quản lý hiện hành.

### Phát triển TTDL tại Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) hướng đến mô hình TTDL xanh

TP.HCM hiện là trung tâm phát triển TTDL lớn nhất cả nước, giữ vai trò đầu tàu về quy mô và tốc độ mở rộng, với 23/41 TTDL đang hoạt động, vượt xa Hà Nội (15 TTDL) và Đà Nẵng (3 TTDL). Thành phố ưu tiên phát triển các TTDL hiện đại, siêu quy mô (hyperscale) và các khu hạ tầng chuyên biệt phục vụ điện toán đám mây, thu hút sự tham gia của nhiều nhà đầu tư lớn như G42, CMC, AIC, FPT và Sencorp.



Số lượng TTDL tại Việt Nam phân bố theo Tỉnh/Thành phố  
(Nguồn: DataCenterMap – Database of Data Centers. Truy cập tại <https://www.datacentermap.com/vietnam/> ngày 28/02/2026)

Về định hướng dài hạn, theo Kế hoạch hành động số 19-KH/TU ngày 09/12/2025 của Thành ủy TP.HCM về thực hiện Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22 tháng 12 năm 2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, Thành phố đặt mục tiêu đến năm 2045 xây dựng chiến lược phát triển hạ tầng số, ứng dụng dịch vụ số và chuyển đổi số trong quản trị công. Trong đó, trọng tâm là *“Thiết lập TTDL và hệ thống tính toán hiệu năng cao; phối hợp xây dựng TTDL vùng; có cơ chế phát triển, khai thác các TTDL được đầu tư từ nguồn vốn ngoài ngân sách; ưu tiên khai thác, sử dụng hạ tầng dữ liệu do Trung ương đầu tư đối với các dữ liệu trọng yếu của Thành phố”* và *“Ứng dụng công nghệ giải quyết vấn đề môi trường, xã hội: Áp dụng giải pháp công nghệ (IoT, AI, GIS...) trong giám sát môi trường, quản lý tài nguyên, cảnh báo thiên tai. Thúc đẩy nông nghiệp thông minh, tiết kiệm năng lượng, sử dụng năng lượng tái tạo, hướng đến phát triển xanh, bền vững”*.

Để hỗ trợ triển khai các dự án trọng điểm, Ủy ban nhân dân Thành phố đã thành lập Tổ công tác đầu tư dự án TTDL AI theo Quyết định số 3470/QĐ-UBND ngày 27/12/2025, nhằm phối hợp liên ngành và tháo gỡ các khó khăn trong quá trình thực hiện. Đồng thời, thông qua Kế hoạch triển khai Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021–2030 (Quyết định số 4589/QĐ-UBND năm 2022 của UBND Thành phố) và Kế hoạch hành động tăng trưởng xanh giai đoạn 2024–2030 (Quyết định số 3797/QĐ-UBND năm 2024 của UBND Thành phố), Thành phố đã từng bước lồng ghép các yêu cầu về năng lượng xanh, công trình xanh, đổi mới sáng tạo và giảm phát thải vào định hướng phát triển hạ tầng. Mặc dù hiện nay chưa có chính sách chuyên biệt dành riêng cho TTDL xanh, song việc định hướng phát triển TTDL trong tổng thể chiến lược tăng trưởng xanh và phát triển bền vững đã góp phần hình thành nền tảng quan trọng. Đây là cơ sở để Thành phố từng bước thúc đẩy phát triển TTDL theo hướng xanh, hiệu quả năng lượng và thân thiện môi trường trong thời gian tới.

Trong giai đoạn trước mắt, theo Kế hoạch số 20-KH/BCĐTP ngày 10/01/2026 của Ban Chỉ đạo về phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số TP.HCM, năm 2026 được xác định là thời điểm tăng tốc *“Thúc đẩy phát triển kinh tế số, kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn; nâng cao tỷ trọng đóng góp của kinh tế số trong GRDP; từng bước hình thành trung tâm đổi mới sáng tạo, trung tâm nghiên cứu - phát triển và TTDL”*, đồng thời đẩy mạnh thu hút đầu tư nước ngoài (FDI) để triển khai các dự án TTDL siêu quy mô. Trong đó *“Thu hút đầu tư nước ngoài (FDI) xây dựng siêu TTDL của Tập đoàn G42 tại TP.HCM”*.

Bên cạnh đó, Thành phố cũng đẩy mạnh các hoạt động hợp tác quốc tế nhằm từng bước hình thành hệ sinh thái TTDL quy mô lớn. Điển hình, ngày 11/3/2026, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM đã ký kết biên bản ghi nhớ với Công ty Accelerated Infrastructure Capital (AIC) về việc đầu tư xây dựng TTDL trí tuệ nhân tạo đầu tiên tại Việt Nam. Dự án dự kiến

được triển khai tại Khu công nghiệp Tân Phú Trung (Xã Củ Chi, TP.HCM) với tổng vốn đầu tư khoảng 2,1 tỷ USD và công suất thiết kế khoảng 50 MW, đáp ứng tiêu chuẩn Tier III của Uptime Institute. Theo kế hoạch, dự án dự kiến khởi công vào dịp lễ 30/4/2026 và được kỳ vọng sẽ trở thành một trong những TTDL AI quy mô lớn, góp phần thúc đẩy phát triển hạ tầng dữ liệu và công nghệ số của Thành phố.

### **Một số đề xuất để phát triển TTDL xanh đối với Việt Nam**

Trong bối cảnh Việt Nam chưa ban hành đầy đủ các tiêu chuẩn quốc gia toàn diện riêng cho TTDL xanh, việc tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế uy tín có thể là bước đi phù hợp để định hướng phát triển trong giai đoạn hiện nay. Trên cơ sở đó Bộ Thông tin và Truyền thông (nay là Bộ Khoa học và Công nghệ) và các chuyên gia thuộc Câu lạc bộ mạng lưới TTDL Việt Nam (VDCC) đã có một số đề xuất để thúc đẩy phát triển TTDL xanh như sau:

- *Một là, Xây dựng bộ tiêu chuẩn quốc gia cho TTDL xanh.* Cần sớm hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quốc gia trên cơ sở tham chiếu các chuẩn quốc tế như EN 50600, ISO/IEC 30134 và ITU-T L.1300 nhằm hình thành khung đánh giá thống nhất cho các doanh nghiệp trong nước và nhà đầu tư quốc tế.
- *Hai là, Thúc đẩy cơ chế mua bán điện trực tiếp (DPPA).* Cơ chế này có thể mua bán điện trực tiếp giữa đơn vị phát điện năng lượng tái tạo với khách hàng sử dụng điện lớn qua đường dây riêng và qua lưới điện quốc gia góp phần thúc đẩy phát triển năng lượng tái tạo, đồng thời giảm thiểu tác động môi trường từ hoạt động vận hành TTDL.
- *Ba là, Chú trọng đào tạo nguồn nhân lực.* Việc phát triển đội ngũ kỹ sư và chuyên gia có hiểu biết sâu về cả tiêu chuẩn hạ tầng và các tiêu chuẩn bền vững là yếu tố quan trọng để vận hành hiệu quả các hệ thống TTDL hiện đại và phức tạp.
- *Bốn là, Thúc đẩy hệ sinh thái hạ tầng số xanh.* Chính phủ cần nghiên cứu áp dụng các cơ chế ưu đãi đặc thù như ưu đãi về thuế, phí và hỗ trợ tài chính đối với các dự án TTDL áp dụng công nghệ và vận hành theo tiêu chuẩn xanh, nhằm khuyến khích doanh nghiệp đầu tư vào các giải pháp tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải.

\*\*\*

Việt Nam đang đứng trước cơ hội lớn để phát triển TTDL. Tuy nhiên, sự gia tăng nhanh của hạ tầng dữ liệu cũng đặt ra yêu cầu ngày càng cao về tính bền vững trong sử dụng năng lượng và môi trường. Trong bối cảnh đó, TP.HCM đang thể hiện cách tiếp cận chủ động và mang tính chiến lược trong việc đẩy mạnh hạ tầng dữ liệu và xác định đây là nền tảng cốt lõi phục vụ chuyển đổi số, thúc đẩy kinh tế số, kinh tế xanh và nâng cao năng lực cạnh tranh. Với vai trò là trung tâm kinh tế lớn nhất cả nước, Thành phố

có nhiều điều kiện thuận lợi để trở thành địa phương tiên phong trong phát triển TTDL xanh. Nếu được triển khai đồng bộ từ chính sách, hệ thống tiêu chuẩn xanh và cơ chế thị trường năng lượng, TP.HCM hoàn toàn có thể trở thành hình mẫu tiêu biểu cho mô hình hạ tầng dữ liệu bền vững tại Việt Nam.

**Trần Thị Hiệp**

---

### **Tài liệu tham khảo chính**

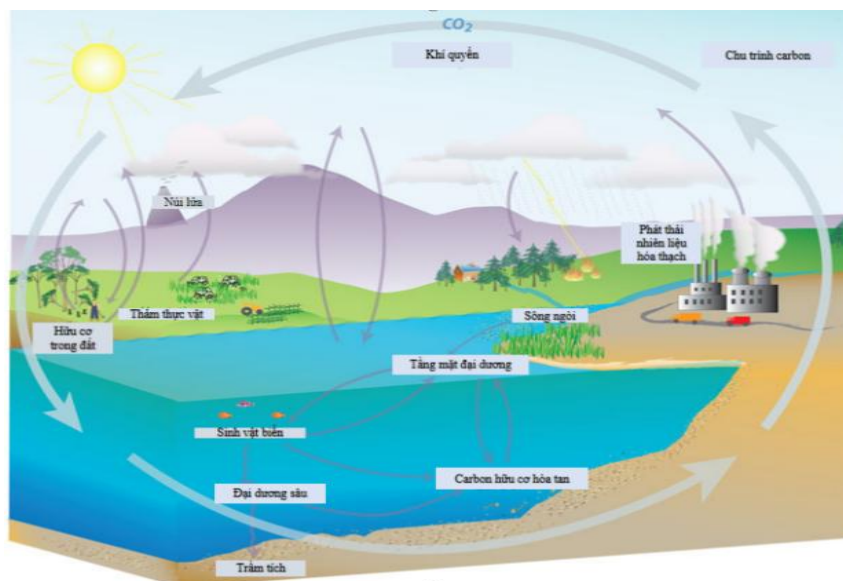
- [1] Báo Tiền Phong. (2025). TTDL xanh: Một xu hướng tất yếu trong nền kinh tế số. <https://www.vietnam.vn/trung-tam-du-lieu-xanh-xu-huong-tat-yeu-cua-nen-kinh-te-so>
- [2] Dương. (2025). Dự kiến công suất TTDL của Việt Nam sẽ đạt gần 1000MW vào năm 2030. <https://en.vneconomy.vn/vietnams-data-center-capacity-set-to-near-1000mw-by-2030.htm>
- [3] Gordon Marsden et al. (2025). Báo cáo chi phí xây dựng TTDL Châu Á Thái Bình Dương năm 2025. Cushman & Wakefield.
- [4] Prescient & Strategic intelligence. (2026). Phân tích quy mô và thị phần thị trường TTDL Việt Nam - Xu hướng mới nổi, cơ hội tăng trưởng, bối cảnh cạnh tranh và dự báo (2026 - 2032). <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/vietnam-data-center-market-report>.
- [5] Phillippa Biggs. (2025). The State of Broadband: Our Digital World. International Telecommunication Union (ITU) and UNESCO.
- [6] Phòng Chính sách - Cục Viễn thông. (2024). Phát triển TTDL "xanh" và đề xuất cho Việt Nam. <https://vjst.vn/phat-trien-trung-tam-du-lieu-xanh-va-de-xuat-cho-viet-nam-65038.html>
- [7] Vietnam Data Centers. (Truy cập ngày 05/3/2026). <https://www.datacentermap.com/>.
- [8] Huawei Digital Power Technologies. (2025). Struggling with High PUE? Here's How to Optimize Data Center Power Usage. <https://digitalpower.huawei.com/en/blogs/data-center-power-usage>
- [9] W. Pitt Turner IV et al. (2008). White Paper Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance. Uptime Institute.

# Tín chỉ carbon: “Ngoại tệ mới” trong kỷ nguyên Net Zero

**Tín chỉ carbon đã vượt khỏi khuôn khổ chứng nhận môi trường đơn thuần để trở thành công cụ tài chính then chốt - được xem như “một loại ngoại tệ mới” định hình dòng vốn đầu tư toàn cầu. Trước sức ép từ cam kết Net Zero vào năm 2050 và các hàng rào thuế quan xanh, việc phát triển thị trường carbon không chỉ là trách nhiệm đạo đức mà còn là bài toán sống còn cho năng lực cạnh tranh quốc gia. Đây chính là động lực cốt lõi nhằm tái định vị chiến lược sản xuất và đầu tư của doanh nghiệp Việt Nam trong tương lai.**

## Tổng quan về tín chỉ carbon và chu trình carbon

Theo khoản 35 Điều 3 Luật Bảo vệ môi trường 2020, tín chỉ carbon là “chứng nhận có thể giao dịch thương mại và thể hiện quyền phát thải một tấn khí carbon dioxide ( $CO_2$ ) hoặc một tấn khí carbon dioxide ( $CO_2$ ) tương đương”. Để hiểu rõ giá trị thực chất của tín chỉ carbon, cần xuất phát từ nền tảng khoa học về chu trình carbon tự nhiên. Theo Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia Hoa Kỳ (National Oceanic and Atmospheric Administration- NOAA), carbon liên tục dịch chuyển giữa khí quyển, đại dương, đất và sinh vật sống thông qua các quá trình sinh - hóa học. Trong trạng thái tự nhiên, chu trình carbon duy trì sự cân bằng động giữa lượng phát thải và khả năng hấp thụ của các bể chứa như rừng, đất hữu cơ và đại dương sâu. Tuy nhiên, kỷ nguyên công nghiệp hóa đã giải phóng lượng carbon tích trữ hàng triệu năm vào khí quyển chỉ trong vài thập kỷ, phá vỡ trạng thái cân bằng này và thúc đẩy hiệu ứng nhà kính. Trong bối cảnh đó, tín chỉ carbon xuất hiện như một cơ chế kinh tế hóa việc phục hồi sự cân bằng sinh thái. Nó chuyển hóa trách nhiệm giảm phát thải thành một tài sản có thể định giá, tạo động lực tài chính để nhân loại bảo tồn và tái tạo các bể chứa carbon tự nhiên.



Chu trình Carbon (hiện nay) (Nguồn: NOAA)

Sự chuyển dịch từ khái niệm khoa học sang tài sản tài chính đòi hỏi một hạ tầng vận hành tương xứng: Thị trường Carbon. Đây chính là nơi các nỗ lực giảm phát thải được định lượng và hữu hình hóa thông qua quy luật cung - cầu, biến các cam kết khí hậu trừu tượng thành những giao dịch có giá trị thực tiễn. Bằng cách định giá cho mỗi tấn carbon, thị trường này không chỉ tạo ra áp lực tài chính lên các đơn vị phát thải lớn mà còn mở ra dòng doanh thu mới cho các dự án xanh.

**Thị trường carbon**

Thị trường carbon (hay thị trường mua bán tín chỉ carbon) là lĩnh vực mua bán khí thải, được thiết lập nhằm tạo cơ chế linh hoạt trong giảm khí thải nhà kính. Theo tham luận “*Thị trường carbon và việc tổ chức, phát triển thị trường carbon hiện nay*” công bố năm 2023 trên *Tạp chí Khoa học Xã hội và Nhân văn*, thị trường carbon trên thế giới tồn tại dưới hai hình thức: (1) *Thị trường carbon bắt buộc (Compliance Market)* và (2) *Thị trường carbon tự nguyện (Voluntary Market)*, với các đặc trưng sau:

	<b>Thị trường carbon bắt buộc (Compliance market)</b>	<b>Thị trường carbon tự nguyện (Voluntary market)</b>
Hình thức quản lý	Được thành lập và quản lý bởi các hiệp định, thỏa thuận giảm phát thải carbon quốc gia và quốc tế, ví dụ như Nghị định thư Kyoto, thị trường trao đổi phát thải của Liên minh châu Âu.	Hoạt động bên ngoài thị trường tuân thủ, cho phép những người tham gia vượt ra ngoài việc bù đắp carbon theo quy định. Một số tiêu chuẩn trong thị trường carbon tự nguyện như: Tiêu chuẩn carbon chứng nhận (VCS), Tiêu chuẩn vàng (GS).
Cơ chế vận hành	Được vận hành dựa trên cơ chế Hạn ngạch và Giao dịch (Cap-and-Trade), tiêu biểu là thông qua thiết lập hệ thống thương mại phát thải (Emission Trading Scheme - ETS). Các quốc gia áp đặt hạn ngạch phát thải cho doanh nghiệp; đơn vị nào phát thải vượt mức phải mua thêm hạn ngạch hoặc tín chỉ để bù đắp.	Các tổ chức chủ động giao dịch tín chỉ để thực hiện cam kết trung hòa carbon, phục vụ trách nhiệm xã hội doanh nghiệp và đáp ứng các tiêu chuẩn môi trường - xã hội - quản trị.
Ưu điểm	Tính minh bạch cao, tạo ra nhu cầu ổn định và giá trị tín chỉ lớn nhờ áp lực tuân thủ pháp lý, từ đó thúc đẩy các doanh nghiệp phát thải lớn phải đổi mới công nghệ một cách triệt để.	Rào cản gia nhập thấp, khuyến khích các dự án sáng tạo quy mô nhỏ như bảo tồn rừng, đa dạng sinh học hoặc hỗ trợ cộng đồng vốn khó tiếp cận thị trường bắt buộc.
Nhược điểm	Chi phí tuân thủ lớn và quy trình đo đạc, báo cáo, thẩm định cực kỳ phức tạp. Ngoài ra, việc thiết lập hạn ngạch thiếu chính xác có thể gây áp lực tài chính quá tải cho doanh nghiệp hoặc dẫn đến tình trạng rò rỉ carbon sang các quốc gia có quy định lỏng lẻo hơn.	Sự thiếu thống nhất trong các tiêu chuẩn quốc tế, dẫn đến rủi ro về chất lượng tín chỉ và hiện tượng tẩy xanh. Do không có tính bắt buộc, giá trị tín chỉ trên thị trường này thường thấp và biến động mạnh theo tâm lý nhà đầu tư, khiến việc duy trì dòng vốn dài hạn cho các dự án xanh gặp nhiều thách thức.

(Nguồn: Tổng hợp từ kết quả nghiên cứu “*Thị trường carbon và việc tổ chức, phát triển thị trường carbon hiện nay*” (Cao Hồng Quân và Lê Nhật Hồng, 2023))

Kể từ Thỏa thuận Paris (2015), thị trường carbon đã chuyển dịch mạnh mẽ từ các cam kết tự nguyện sang cơ chế tuân thủ bắt buộc. Với hạt nhân là hệ thống Hạn ngạch và Giao dịch, tiêu biểu như Hệ thống Thương mại Khí thải của Liên minh Châu Âu (European Union Emissions Trading System - EU ETS). Việc giảm phát thải không còn là lựa chọn mà đã trở thành trách nhiệm giải trình thực chất. Báo cáo *Effective Carbon Rates 2025* của tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (Organization for Economic Cooperation and Development - OECD) đã cho thấy một bức tranh đa dạng về xu hướng giảm phát thải carbon của các quốc gia dẫn đầu thế giới:

Tên nước	Xu hướng giảm phát thải carbon
Thụy Điển 	Là quốc gia tiên phong, với mức thuế carbon cao nhất thế giới (khoảng 130 USD/tấn). Tuy nhiên, việc áp thuế cao không kìm hãm tăng trưởng kinh tế bởi Chính phủ đã có lộ trình giảm thuế thu nhập tương ứng để hỗ trợ người dân và doanh nghiệp.
Đức và Hà Lan 	Áp dụng mô hình kết hợp giữa Hệ thống EU ETS và các khoản thuế nội địa bổ sung, giúp kiểm soát chặt chẽ các ngành công nghiệp nặng và thúc đẩy đổi mới công nghệ sâu rộng.
Indonesia và Mexico 	Đây là hai nước sử dụng mô hình định giá carbon hỗn hợp kết hợp giữa Thuế Carbon và Hệ thống giao dịch phát thải. Indonesia đã vận hành sàn giao dịch carbon tích hợp, tập trung vào lĩnh vực năng lượng. Còn Mexico, vận hành Hệ thống giao dịch phát thải (thường được gọi là SCE - Sistema de Comercio de Emisiones) song song với việc áp dụng thuế carbon ở cả cấp liên bang và cấp bang, tập trung chủ yếu vào các ngành công nghiệp thâm dụng năng lượng và lĩnh vực điện lực.
Hàn Quốc 	Là quốc gia tiên phong tại châu Á vận hành Hệ thống EU ETS từ 2015, hiện bao phủ hơn 70% tổng lượng phát thải quốc gia. Trong giai đoạn 2025-2030, Hàn Quốc tập trung chuyển dịch từ cấp phát miễn phí sang cơ chế đấu giá hạn ngạch với tỷ lệ cao hơn. Nguồn thu từ hoạt động này được Chính phủ cam kết tái đầu tư trực tiếp vào các quỹ đổi mới công nghệ carbon thấp và hỗ trợ các doanh nghiệp chịu ảnh hưởng từ cơ chế điều chỉnh biên giới carbon của EU.
Trung Quốc 	Vận hành Hệ thống ETS lớn nhất thế giới về lượng phát thải bao phủ, ban đầu tập trung vào ngành điện và đang triển khai lộ trình mở rộng sang các ngành công nghiệp nặng (thép, xi măng, nhôm) từ năm 2025. Song song với đó, việc khôi phục cơ chế Tín chỉ carbon tự nguyện giúp Trung Quốc huy động hiệu quả dòng vốn tư nhân vào các dự án năng lượng tái tạo và giải pháp thuận tự nhiên, tạo nền tảng vững chắc cho mục tiêu trung hòa carbon trước năm 2060.
Úc 	Tập trung cải cách cơ chế bảo vệ, buộc các cơ sở phát thải lớn nhất trong nước phải giảm cường độ phát thải theo lộ trình nghiêm ngặt hàng năm. Nền kinh tế này sở hữu thị trường đơn vị Tín chỉ Carbon phát triển mạnh, ưu tiên các dự án phục hồi rừng và nông nghiệp bền vững. Đây là hình mẫu tiêu biểu về việc gắn kết tài chính xanh với bảo tồn đa dạng sinh học, giúp doanh nghiệp đạt được mục tiêu Net Zero thông qua các giải pháp dựa trên thiên nhiên.

Có thể thấy, việc định giá carbon một cách quyết liệt không kìm hãm sự tăng trưởng, mà trái lại còn là đòn bẩy cho đổi mới công nghệ. Điển hình như Thụy Điển, việc áp thuế carbon cao nhất thế giới vẫn song hành cùng phát triển kinh tế nhờ lộ trình giảm thuế thu nhập tương ứng để hỗ trợ doanh nghiệp. Hay tại Hàn Quốc, nguồn thu từ đầu giá hạn ngạch được Chính phủ tái đầu tư trực tiếp vào các quỹ đổi mới công nghệ và hỗ trợ an sinh xã hội cho các đối tượng chịu ảnh hưởng từ chuyển dịch xanh. Những mô hình quốc tế kể trên là bài học cho Việt Nam trong quá trình xây dựng thị trường carbon nội địa, từ hoàn thiện hành lang pháp lý đến phân bổ hạn ngạch phát thải thí điểm cho giai đoạn 2025- 2026, hướng tới vận hành thí điểm sàn giao dịch tín chỉ carbon vào cuối năm 2026, nhằm đáp ứng các tiêu chuẩn khắt khe của thế giới, hình thành một hệ sinh thái tài chính xanh đột phá và nâng cao năng lực cạnh tranh cho doanh nghiệp.

### **Cơ sở pháp lý và thực trạng nghiên cứu về tín chỉ carbon tại Việt Nam**

Việt Nam sở hữu tiềm năng dồi dào về tín chỉ carbon, đặc biệt từ trữ lượng rừng khổng lồ (với tỷ lệ che phủ đạt khoảng 42%) và lợi thế phát triển năng lượng tái tạo. Nhằm chuyển hóa các tài nguyên này thành giá trị kinh tế cụ thể, Quốc hội và Chính phủ đã xây dựng các nền tảng pháp lý quan trọng thông qua các văn bản quy phạm pháp luật như:

- *Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14 ngày 17/11/2020 của Quốc hội*: đây là văn bản pháp lý nền tảng lần đầu tiên chính thức hóa khái niệm và sự hình thành của thị trường carbon nội địa.

- *Nghị định 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022 của Chính phủ về Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn*, xác định lộ trình để hiện thực hóa thị trường carbon theo 2 giai đoạn: (1) Đến hết năm 2027, tập trung xây dựng quy định quản lý, danh mục các cơ sở phải kiểm kê khí nhà kính và triển khai vận hành thí điểm sàn giao dịch tín chỉ carbon. (2) Từ năm 2028: chính thức tổ chức vận hành sàn giao dịch carbon trong nước và bắt đầu kết nối với các thị trường quốc tế.

- *Quyết định số 232/QĐ-TTg ngày 24/01/2025 của Thủ tướng Chính phủ về Phê duyệt Đề án Thành lập và phát triển thị trường các-bon tại Việt Nam*: đây là văn bản mang tính hành động cao nhất, xác định mục tiêu đưa Việt Nam trở thành trung tâm giao dịch carbon của khu vực. Sứ mệnh này không chỉ nâng tầm giá trị kinh tế cho tín chỉ carbon nội địa mà còn kiến tạo một bộ phông chiến lược, giúp các doanh nghiệp xuất khẩu thích ứng linh hoạt và xác lập vị thế vững chắc trên thị trường quốc tế.

- *Nghị định số 29/2026/NĐ-CP ngày 19/01/2026 của Chính phủ về sàn giao dịch Car-bon trong nước*: văn bản quy định cụ thể về quy trình vận hành sàn giao dịch carbon và cơ chế quản lý hạn ngạch. Đây là mắt xích cuối cùng để hiện thực hóa mục tiêu vận hành thí điểm sàn giao dịch tại Sở Giao dịch Chứng khoán Hà Nội (HNX) vào cuối năm 2026.

## Các nghiên cứu về cơ chế, chính sách liên quan đến tín chỉ carbon

Để tiếp tục hoàn thiện khung chính sách liên quan đến tín chỉ carbon, các nhà khoa học đã tiến hành các nghiên cứu:

- Nhiệm vụ KH&CN cấp bộ *“Nghiên cứu cơ chế tài chính đối với giao dịch tín chỉ giảm phát thải thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng ở Việt Nam”* do Vụ Pháp chế chủ trì thực hiện, được Bộ Tài chính nghiệm thu kết quả năm 2024. Kết quả đã hệ thống hóa những vấn đề lý luận, nghiên cứu kinh nghiệm của một số nước để rút ra bài học cho Việt Nam; đồng thời phân tích, đánh giá thực trạng về cơ chế tài chính đối với giao dịch tín chỉ giảm phát thải thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng ở Việt Nam, nhằm chỉ rõ những kết quả đạt được, một số hạn chế, bất cập và nguyên nhân; từ đó đề xuất giải pháp cho Việt Nam trong thời gian tới.

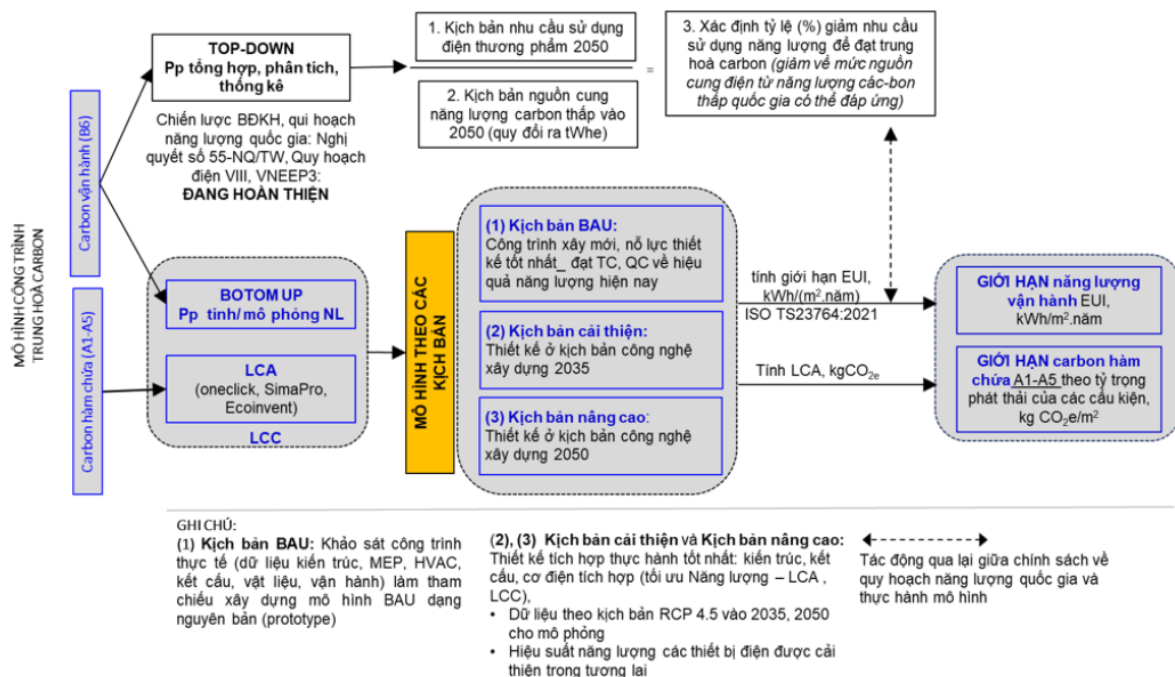
- Nhiệm vụ KH&CN cấp bộ *“Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất xây dựng hướng dẫn phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính ở Việt Nam. Áp dụng thí điểm cho lĩnh vực quản lý chất thải”* do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện, được Bộ Nông nghiệp và Môi trường nghiệm thu năm 2025. Kết quả của nhiệm vụ đã cung cấp cơ sở khoa học và kinh nghiệm quốc tế về phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính, cũng như xây dựng hướng dẫn phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính phục vụ cho hệ thống trao đổi hạn ngạch và tín chỉ carbon.

## Các nghiên cứu trong quản lý tín chỉ carbon

Không chỉ dừng lại ở những nghiên cứu nhằm hoàn thiện khung chính sách, các phương pháp và mô hình quản lý tín chỉ carbon trên thế giới cũng được nghiên cứu áp dụng trong các ngành, lĩnh vực:

- Bài báo khoa học *“Áp dụng mô hình quản lý bền vững Triple Bottom Line (TBL) trong việc tích lũy tín chỉ carbon tại Tổng Công ty Hàng không Việt Nam (Vietnam Airlines) hướng tới mục tiêu Net Zero”*, do nhóm nghiên cứu tại Trường Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn (Đại học Quốc gia Hà Nội) thực hiện và công bố trên Tạp chí Công nghiệp và Thương mại năm 2025. Kết quả nghiên cứu đề xuất một chiến lược ba giai đoạn: khởi đầu từ việc xây dựng nền tảng (2025-2026), tiến tới thí điểm tại các bộ phận trọng yếu như Khối kỹ thuật và Khai thác bay (2027-2028), và cuối cùng là chuẩn hóa toàn diện (2029-2030). Để hiện thực hóa mục tiêu này, nghiên cứu nhấn mạnh các chỉ số vận hành đột phá như tối ưu hóa đường bay đạt trên 92% và duy trì hệ số phát thải dưới 82 kg CO<sub>2</sub>/ASK. Bên cạnh việc kiểm kê phát thải theo chuẩn GHG Protocol và xây dựng hệ thống đo lường, báo cáo, xác minh minh bạch, đơn vị còn cần thành lập Quỹ tín chỉ carbon nội bộ để tài trợ cho các sáng kiến giảm phát thải thực chất, đồng thời tích hợp dữ liệu vào hệ thống quản trị điều hành nhằm đảm bảo sự hài hòa giữa con người, hành tinh và lợi nhuận.

- Bài báo khoa học “Phương pháp tiếp cận mô hình công trình trung hoà carbon trong bối cảnh Việt Nam”, do nhóm nghiên cứu tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và Trường Đại học Bách khoa Hà Nội thực hiện, đăng trên tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng năm 2025. Nghiên cứu này đã vận dụng phương pháp tích hợp chính sách - dữ liệu và bám sát tiêu chuẩn mục tiêu dựa trên cơ sở khoa học STBs (Science Based Targets) do Hội đồng Công trình Xanh Thế giới xác lập. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng thành công sơ đồ tiếp cận mô hình công trình trung hoà carbon, làm cơ sở khoa học cốt lõi cho lộ trình phát triển ngành xây dựng giai đoạn 2035-2050. Đồng thời, các phân tích về tiềm năng giảm phát thải thông qua giải pháp thiết kế đã tạo tiền đề để đề xuất các định mức kinh tế kỹ thuật, góp phần hiện thực hóa mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam.



Phương pháp tiếp cận mô hình công trình trung hoà carbon trong bối cảnh Việt Nam (Nguồn: Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng năm 2025)

- Bài báo khoa học “Áp dụng kế toán Carbon trong doanh nghiệp sản xuất thuộc các khu công nghiệp vùng Đồng bằng sông Hồng nhằm hoàn thành mục tiêu net zero”, được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Thành Đông, đăng trên Tạp chí Kinh tế và Quản trị kinh doanh số 34 (2025). Nghiên cứu tập trung phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc áp dụng kế toán carbon trong doanh nghiệp sản xuất thuộc các khu công nghiệp vùng Đồng bằng sông Hồng. Kết quả khảo sát và phân tích 285 doanh nghiệp cho thấy, Đặc điểm bộ máy quản lý doanh nghiệp; Áp lực từ quy định của ngành; Quy mô doanh nghiệp; Áp lực xã hội; Nguồn lực của doanh nghiệp là các yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến việc áp dụng kế toán Carbon trong doanh nghiệp sản xuất. Từ những kết quả phát hiện, nghiên cứu gợi mở một số hàm ý quản trị giúp các doanh nghiệp nâng cao khả năng áp dụng kế toán carbon, góp phần hiện thực hóa mục tiêu giảm phát thải và phát triển công nghiệp xanh, bền vững tại Việt Nam.

## Một số giải pháp được đề xuất để phát triển thị trường Carbon tại Việt Nam

Dù đối mặt với không ít thách thức về hạ tầng và năng lực thực thi, Việt Nam đang nỗ lực chuẩn hóa quy trình để vận hành hệ thống một cách hiệu quả. Trong bài báo khoa học "Tham gia thị trường tín chỉ carbon: Việt Nam cần làm gì?", TS. Nguyễn Thế Bính (Viện trưởng Viện Nghiên cứu KH&CN Ngân hàng - Trường ĐH Ngân hàng TP.HCM) đã đề xuất 3 giải pháp chiến lược nhằm đưa thị trường tín chỉ carbon tại Việt Nam đi vào hoạt động, dựa trên sự phối hợp chặt chẽ giữa Nhà nước, Nhà khoa học và Doanh nghiệp:

- *Xây dựng bộ công cụ định giá carbon tương thích với các cơ chế định giá carbon quốc tế; xây dựng hệ thống thông tin, dữ liệu về thị trường tín chỉ carbon; các định mức phát thải carbon đối với từng đơn vị, chủng loại sản phẩm cho các loại hình sản xuất, kinh doanh;*
- *Xây dựng cơ chế vận hành, quản lý thị trường, bao gồm các sàn giao dịch nhằm thống nhất công tác quản lý của nhà nước;*
- *Hỗ trợ doanh nghiệp và các bên tham gia thị trường cơ hội tiếp cận thông tin, phương thức giao dịch, để chủ động sẵn sàng gia nhập thị trường.*

Những nỗ lực đồng bộ này không chỉ là bước đệm để vận hành chính thức thị trường carbon vào năm 2028 mà còn là cam kết mạnh mẽ của Việt Nam trong việc đạt mục tiêu Net Zero vào năm 2050, biến áp lực giảm phát thải thành lợi thế cạnh tranh bền vững.

\*\*\*

Có thể thấy, tín chỉ carbon không đơn thuần là một giải pháp bảo vệ môi trường, mà là động lực mới cho quá trình tái cấu trúc nền kinh tế theo hướng bền vững. Với bộ khung pháp lý ngày càng được hoàn thiện và những bài học thực tiễn từ các quốc gia OECD, Việt Nam đang đứng trước cơ hội lớn để hình thành một thị trường carbon sôi động và minh bạch. Đây không chỉ là con đường để hiện thực hóa cam kết Net Zero của Việt Nam vào năm 2050, mà còn là bệ phóng để doanh nghiệp Việt Nam tiến sâu vào chuỗi giá trị xanh toàn cầu, đảm bảo hài hòa giữa kinh tế và môi trường trong kỷ nguyên phát triển bền vững.

**Linh Trúc**

---

### Tài liệu tham khảo chính

- [1] NOAA. (2025). Carbon cycle. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/carbon-cycle>.
- [2] Cao Hồng Quân và Lê Nhật Hồng. (2023). Thị trường carbon và việc tổ chức, phát triển thị trường carbon hiện nay. Tạp chí Khoa học Xã hội và Nhân văn VNUHCM số 7, 61-69.
- [3] OECD. (2025). Effective Carbon Rates 2025: Sweden, Germany, Netherlands, Indonesia, Mexico, Korea, China, Australia.

- [4] Đặng Trương Hà Vy và cộng sự. (2025). Áp dụng mô hình quản lý bền vững Triple Bottom Line (TBL) trong việc tích lũy tín chỉ carbon tại Tổng Công ty Hàng không Việt Nam (Vietnam Airlines) hướng tới mục tiêu Net Zero. *Tạp chí nghiên cứu công nghiệp và thương mại E-ISSN 2734-9799*, 1-9.
- [5] Nguyễn Danh Nam và Đỗ Thị Tuệ Minh. (2025). Áp dụng kế toán Carbon trong doanh nghiệp sản xuất thuộc các khu công nghiệp vùng Đồng bằng sông Hồng nhằm hoàn thành mục tiêu net zero. *Tạp chí kinh tế và quản trị kinh doanh số 34*, 181-188.
- [6] Nguyễn Thị Khánh Phương và cộng sự. (2025). Phương pháp tiếp cận mô hình công trình trung hoà carbon trong bối cảnh Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 19*, 85-102
- [7] TS. Tô Nguyễn Cẩm Anh và cộng sự. (2024). Nghiên cứu cơ chế tài chính đối với giao dịch tín chỉ giảm phát thải thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng ở Việt Nam. <https://sti.vista.gov.vn/projects/kqnv/nguyen-cuu-co-che-tai-chinh-doi-voi-giao-dich-tin-chi-giam-phat-thai-thong-qua-no-luc-han-che-mat-rung-va-suy-thoai-rung-o-viet-nam-163577.html>
- [8] TS. Đào Minh Trang và cộng sự. (2025). Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất xây dựng hướng dẫn phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính ở Việt Nam. Áp dụng thí điểm cho lĩnh vực quản lý chất thải. <https://sti.vista.gov.vn/projects/kqnv/nguyen-cuu-co-so-khoa-hoc-va-thuc-tien-de-xuat-xay-dung-huong-dan-phan-bo-han-ngach-phat-thai-khi-nha-kinh-o-viet-nam-ap-dung-thi-diem-cho-linh-vuc-qu-166376.html>
- [9] Nguyễn Thế Bình. (2024). Tham gia thị trường tín chỉ carbon: Việt Nam cần làm gì?. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam số 4A*, 28-31

**TRAO ĐỔI**

Trong những năm gần đây, hệ thống giáo dục quốc dân nói chung và giáo dục nghề nghiệp nói riêng đang có sự đổi mới về phương pháp giảng dạy. Ngày càng nhiều cơ sở giáo dục chủ động tích cực ứng dụng các công nghệ tiên phong như AI, Big Data, IoT, VR/AR nhằm tối ưu hóa chất lượng dạy và học. Việc ban hành Nghị quyết số 71-NQ/TW ngày 22/8/2025 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển giáo dục và đào tạo và Nghị quyết số 281/NQ-CP ngày 15/9/2025 của Chính phủ về Chương trình hành động thực hiện Nghị quyết 71-NQ/TW về đột phá phát triển giáo dục và đào tạo, đã tạo hành lang pháp lý vững chắc, khẳng định quyết tâm của Đảng và Nhà nước trong việc nâng cao chất lượng đào tạo nguồn nhân lực, đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Nếu Nghị quyết 71-NQ/TW đặt chuyển đổi số vào vị trí trung tâm, coi hiện đại hóa giáo dục là quốc sách hàng đầu, thì Nghị quyết 281/NQ-CP đã cụ thể hóa tư duy này bằng lộ trình hành động quyết liệt, gắn với trách nhiệm thực thi của từng bộ ngành và địa phương.

Trong giáo dục nghề nghiệp, chuyển đổi số không chỉ đơn thuần là việc đầu tư vào hạ tầng máy tính hay phần mềm, mà là sự thay đổi về tư duy và phương thức giảng dạy, chuyển dịch từ mô hình đào tạo truyền thống sang mô hình giáo dục mở, linh hoạt và cá nhân hóa. Với sự hỗ trợ của công nghệ số, khoảng cách về địa lý và rào cản về thời gian trong đào tạo nghề đang dần bị xóa bỏ, mở ra cơ hội học tập suốt đời cho mọi tầng lớp nhân dân, đặc biệt là lực lượng lao động tại các vùng sâu, vùng xa hoặc các đối tượng cần chuyển đổi kỹ năng nhanh chóng để thích ứng với thị trường.

Tuy nhiên, yếu tố quyết định đến sự thành bại trong công cuộc chuyển đổi số này chủ yếu nằm ở vấn đề con người. Đội ngũ nhà giáo và cán bộ quản lý giáo dục nghề nghiệp cần được trang bị "*năng lực số*" để không bị tụt hậu trước sự phát triển của công nghệ. Một hệ sinh thái giáo dục nghề nghiệp số thành công phải là nơi mà doanh nghiệp, nhà trường và người học gắn kết chặt chẽ thông qua các nền tảng số, giúp việc đào tạo sát với nhu cầu thực tế của thị trường lao động.

Để đạt mục tiêu "*Đến năm 2035 hệ thống giáo dục và đào tạo tiếp tục được hiện đại hóa, có bước tiến mạnh, vững chắc về tiếp cận, công bằng và chất lượng; đến năm 2045, Việt Nam có hệ thống giáo dục quốc dân hiện đại, công bằng và chất lượng, đứng vào nhóm 20 quốc gia hàng đầu thế giới*" theo tinh thần Nghị quyết 281/NQ-CP của Chính phủ, ngành giáo dục cần tiếp tục đổi mới, từng bước giải quyết những thách thức về hạ tầng công nghệ, nguồn lực tài chính và năng lực số của đội ngũ giáo viên. Qua đó, đưa nền giáo dục Việt Nam tiến lên một tầm cao mới, góp phần vào sự phát triển toàn diện của quốc gia trong thời đại số.

**BBT**