TÍCH HỢP HỆ THỐNG GIÁM SÁT PHÁT THẢI THỜI GIAN THỰC VÀO KHUNG KẾ TOÁN CARBON: TIẾP CẬN TỪ GÓC ĐỘ THỰC HÀNH KINH DOANH CÓ TRÁCH NHIỆM

TS. Trần Thị Hoa Thơm* - TS. Đặng Quang Khoa**

Trong bối cảnh hội nhập quốc tế sâu rộng, các doanh nghiệp Việt Nam đang chịu áp lực kép từ các cơ chế thương mại mới như Cơ chế Điều chỉnh Carbon tại Biên giới (CBAM) và yêu cầu tuân thủ Thực hành Kinh doanh Có Trách nhiệm (RBP). Thách thức trọng yếu hiện nay không chỉ nằm ở việc giảm phát thải, mà còn ở năng lực minh bạch hóa dữ liệu môi trường nhằm phục vụ công tác kế toán và báo cáo. Nghiên cứu này đề xuất mô hình tích hợp EE-Econ, một kiến trúc tham chiếu kết nối dữ liệu từ Công nghệ Vận hành (OT) với hệ thống Công nghệ Thông tin/Kế toán (IT), qua đó tự động hóa việc tính toán phát thải và phân bổ chi phí môi trường. Sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính kết hợp phân tích dữ liệu thứ cấp từ một số doanh nghiệp tiêu biểu (Lọc hóa dầu Nghi Sơn, EVN, Ba Huân, Vinamit), kết quả cho thấy sự phân mảnh dữ liệu ("data silos") giữa khối kỹ thuật và tài chính là rào cản lớn nhất đối với tính minh bạch và khả năng kiểm chứng của báo cáo phát thải. Nghiên cứu đóng góp một giải pháp kiến trúc bốn lớp, giúp chuyển hóa dữ liệu đo lường vật lý thành thông tin kế toán có thể kiểm chứng, qua đó nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp trong chuỗi cung ứng toàn cầu.

• Từ khóa: *kế toán carbon; CBAM; tích hợp hệ thống; thực hành kinh doanh có trách nhiệm (RBP); chuyển đổi số.*

In the context of deep international integration, Vietnamese enterprises are experiencing dual pressures from emerging trade mechanisms such as the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and the growing requirement to comply with Responsible Business Practices (RBP). The critical challenge lies not only in reducing emissions but also in ensuring the transparency of environmental data for accounting and reporting purposes. This study proposes the EE-Econ integration model, a reference architecture designed to bridge data flows between Operational Technology (OT) and Accounting/Information Technology (IT) systems, enabling automated emission calculations and the allocation of environmental costs. Drawing on a qualitative research approach and secondary data from representative enterprises (Nghi Son Refinery and Petrochemical, EVN, Ba Huân, and Vinamit), the findings reveal that data fragmentation ("data silos") between technical and financial units is the most substantial barrier to verifiable carbon reporting. The study contributes a four-layer architectural solution that transforms physical measurement data into auditable accounting information, thereby enhancing firms' competitiveness across global supply chains.

• Key words: *carbon accounting; CBAM; system integration; responsible business practices (RBP); digital transformation.*

Ngày nhận bài: 11/7/2025
Ngày gửi phản biện: 23/9/2025
Ngày duyệt đăng: 17/12/2025

DOI: https://doi.org/10.71374/jfarv.v25.i303.17

1. Đặt vấn đề

Sự chuyển dịch từ mô hình kinh doanh truyền thống sang Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (Responsible Business Practices - RBP) đang trở thành xu thế chủ đạo của kinh tế toàn cầu. Theo UNDP, RBP yêu cầu doanh nghiệp tích hợp việc nhận diện, phòng ngừa và giảm thiểu các tác động môi trường - xã hội trực tiếp vào chiến lược vận hành, thay vì dừng ở các cam kết tự nguyện. Xu hướng này càng trở nên rõ nét khi các cơ chế thương mại mới, tiêu biểu là Cơ chế Điều chỉnh Carbon tại Biên giới (CBAM) của Liên minh châu Âu và các chuẩn mực báo cáo bền vững quốc tế như IFRS S2, đã biến quản lý carbon từ khuyến nghị đạo đức thành nghĩa vụ tuân thủ bắt buộc.

Trong bối cảnh đó, các doanh nghiệp sản xuất tại Việt Nam đang đối mặt với thách thức cốt lõi về hạ tầng dữ liệu phục vụ quản trị phát thải. Thực tiễn cho thấy sự tồn tại phổ biến của các "ốc đảo dữ liệu" giữa hai hệ thống công nghệ then chốt: Công nghệ Vận hành (OT) và Công nghệ Thông tin/Kế toán (IT). OT ghi nhận thế giới vật lý thông qua dữ liệu vận hành thời gian thực từ SCADA và IoT, trong khi IT phản ánh thế giới tài chính thông qua dữ liệu tổng hợp theo kỳ kế toán. Sự thiếu liên thông này khiến việc phân bổ chính xác lượng phát thải carbon cho từng đơn vị sản phẩm - yêu cầu trọng tâm của CBAM - trở nên khó khả thi và thiếu độ tin cậy đối với kiểm toán độc lập.

Xuất phát từ khoảng trống đó, bài viết đề xuất mô hình EE-Econ (Engineering-Economic Integration) nhằm tích hợp dữ liệu kỹ thuật và dữ liệu kế toán. Thông qua các trường hợp doanh nghiệp Việt Nam được công

** VNU University of Economics and Business, email: thomtth@vnu.edu.vn*
*** Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh*

bố trong Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế về RBP năm 2024, nghiên cứu làm rõ vai trò của chuyển đổi số trong quản trị dữ liệu carbon và tăng cường năng lực tuân thủ các cơ chế thương mại xanh.

2. RBP và thách thức tích hợp dữ liệu

Sự chuyển dịch từ Trách nhiệm xã hội doanh nghiệp (CSR) sang RBP phản ánh bước ngoặt trong tư duy quản trị: từ hoạt động mang tính tự nguyện sang nghĩa vụ tuân thủ có thể kiểm chứng. Theo OECD và UNDP, RBP đòi hỏi doanh nghiệp chủ động quản trị rủi ro môi trường - xã hội trong toàn bộ chuỗi giá trị. Trong bối cảnh các quy định như CBAM và EUDR ngày càng siết chặt, tính minh bạch và khả năng truy xuất dữ liệu trở thành điều kiện tiên quyết.

Kế toán carbon đóng vai trò chuyển hóa các dòng vật chất - năng lượng thành thông tin phục vụ ra quyết định quản trị. Tuy nhiên, hiệu quả của công cụ này phụ thuộc trực tiếp vào mức độ gắn kết giữa dữ liệu kỹ thuật và dữ liệu tài chính. Khoảng trống giữa OT và IT hiện là rào cản lớn nhất. OT cung cấp dữ liệu vận hành có độ mịn cao nhưng thiếu cấu trúc tài chính, trong khi IT tổng hợp thông tin theo kỳ, khó phản ánh chính xác mức tiêu hao năng lượng và phát thải ở cấp độ sản phẩm.

Sự đứt gãy dữ liệu dẫn đến ba hệ quả chính: không thể gắn lượng tiêu thụ năng lượng với từng sản phẩm, khó phân bổ chi phí môi trường theo nguyên tắc nhất quán, và hạn chế khả năng truy xuất nguồn gốc phục vụ kiểm toán. Do đó, xây dựng một kiến trúc tích hợp OT - IT không chỉ là giải pháp công nghệ mà còn là nền tảng để doanh nghiệp thực hành RBP một cách thực chất.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp định tính, kết hợp phân tích dữ liệu thứ cấp và nghiên cứu tình huống nhằm đánh giá thực trạng tích hợp dữ liệu OT - IT và khả năng áp dụng mô hình EE-Econ tại Việt Nam. Nguồn dữ liệu chủ yếu được khai thác từ các tài liệu công bố chính thức, đặc biệt là Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế "Thực hành kinh doanh có trách nhiệm: Kinh nghiệm quốc tế và hàm ý cho Việt Nam" (2024).

Bốn trường hợp điển hình được lựa chọn đại diện cho các ngành có cường độ phát thải cao hoặc chịu áp lực lớn từ thị trường xuất khẩu, bao gồm nhóm công nghiệp nặng - năng lượng và nhóm nông nghiệp công nghệ cao. Dữ liệu được xử lý bằng phương pháp mã hóa chủ đề, tập trung vào hạ tầng dữ liệu OT, áp lực tuân thủ RBP/CBAM và mức độ sẵn sàng tích hợp vào hệ thống kế toán. Cách tiếp cận này cho phép xác định các điều kiện cần thiết để mô hình EE-Econ được triển khai hiệu quả trong thực tiễn doanh nghiệp Việt Nam.

4. Mô hình EE - Econ: Kiến trúc tích hợp bốn lớp và phân tích tình huống thực tiễn

4.1. Kiến trúc tích hợp bốn lớp EE-Econ

Nhằm khắc phục tình trạng phân mảnh dữ liệu giữa hệ thống vận hành (OT) và hệ thống kế toán - quản trị (IT), nghiên cứu đề xuất mô hình kiến trúc EE-Econ gồm bốn lớp chức năng liên hoàn. Kiến trúc này đóng vai trò như một "cầu nối ngữ nghĩa", giúp chuyển hóa dữ liệu kỹ thuật thời gian thực thành thông tin kế toán carbon có thể kiểm chứng.

(1) Lớp Cảm biến (Sensing Layer). Là tầng vật lý thu thập dữ liệu thời gian thực từ các thiết bị đo lường tại nguồn phát thải (như đồng hồ điện thông minh, lưu lượng kế, cảm biến nhiệt độ). Dữ liệu ở lớp này phản ánh trung thực dòng vật chất - năng lượng phát sinh trong quá trình vận hành.

(2) Lớp Kết nối và Nền tảng (Connectivity & Platform Layer). Đây là lớp trung chuyển dữ liệu. Thông qua các IoT Gateway, dữ liệu thô được tập hợp, chuẩn hóa định dạng và lưu trữ trong các kho dữ liệu chuỗi thời gian. Tại lớp này bắt đầu hình thành các mã định danh thiết bị (Tag ID) làm cơ sở cho việc ánh xạ dữ liệu ở các tầng cao hơn.

(3) Lớp Tích hợp và Ánh xạ (Integration & Mapping Layer). Là tầng cốt lõi của mô hình. Tại đây, các quy tắc ánh xạ (mapping rules) được thiết lập nhằm liên kết Tag ID từ hệ thống kỹ thuật với Mã trung tâm chi phí (Cost Center) hoặc Mã sản phẩm (Product Code) trong hệ thống kế toán. Lớp này có vai trò "dịch" dữ liệu kỹ thuật thành ngôn ngữ tài chính - kế toán, tạo nền tảng cho việc tính toán carbon ở cấp sản phẩm và cấp hoạt động.

(4) Lớp Ứng dụng (Application Layer). Lớp cuối cùng thực hiện các thuật toán và chức năng quản trị như tính toán dấu chân carbon sản phẩm (Product Carbon Footprint - PCF), phân bổ chi phí môi trường theo phương pháp Carbon-ABC, và lập các báo cáo tuân thủ theo CBAM hoặc IFRS S2.

Mô hình EE-Econ cho phép hình thành một chuỗi giá trị dữ liệu carbon hoàn chỉnh từ *cảm biến → kết nối → tích hợp → kế toán → báo cáo*, qua đó khắc phục tình trạng đứt gãy OT-IT vốn tồn tại phổ biến trong doanh nghiệp sản xuất.

Hình 1. Mô hình kiến trúc tích hợp EE-Econ



Nguồn: Tác giả đề xuất

4.2. Kiểm chứng sự cần thiết của mô hình EE-Econ qua các tình huống thực tiễn

Để kiểm chứng tính cần thiết của mô hình EE-Econ, nghiên cứu phân tích bốn doanh nghiệp tiêu biểu thuộc hai nhóm ngành chịu áp lực lớn từ các tiêu chuẩn bền vững quốc tế: Công nghiệp nặng - Năng lượng và Nông nghiệp công nghệ cao.

(1) Nhóm ngành Công nghiệp nặng - Năng lượng

Đặc trưng của nhóm ngành này là quy mô lớn, cường độ phát thải cao và khối lượng dữ liệu vận hành phức

tạp. Thách thức cốt lõi không nằm ở thiếu dữ liệu, mà ở khả năng chuyển hóa dữ liệu kỹ thuật thành thông tin tài chính minh bạch, có thể kiểm chứng.

Nhà máy Lọc hóa dầu Nghi Sơn (NMLHD). Với tổng vốn đầu tư khoảng 9 tỷ USD và công suất chế biến 10 triệu tấn dầu thô/năm, NMLHD vận hành hệ thống OT hiện đại, cho phép giám sát liên tục các chỉ số kỹ thuật. Tuy nhiên, dữ liệu phục vụ báo cáo bền vững và kế toán carbon vẫn được tổng hợp thủ công, chưa liên thông tự động với hệ thống kế toán chi phí.

Trong bối cảnh phải đáp ứng yêu cầu kiểm chứng từ các nhà đầu tư quốc tế và duy trì vị thế trong chuỗi cung ứng toàn cầu, hạn chế này làm gia tăng rủi ro về độ tin cậy của thông tin phát thải. Việc triển khai mô hình EE-Econ trở nên cấp thiết nhằm tự động hóa dòng dữ liệu carbon, giảm sai số và nâng cao tính minh bạch.

Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN). EVN đã đạt nhiều tiến bộ trong chuyển đổi số, với 100% dịch vụ điện trực tuyến và hạ tầng đo đếm điện năng tương đối hoàn chỉnh. Tuy nhiên, áp lực giảm phát thải từ các nhà máy nhiệt điện than đòi hỏi mức độ tích hợp sâu hơn giữa dữ liệu vận hành và dữ liệu kế toán chi phí.

Trong trường hợp này, mô hình EE-Econ cho phép gắn kết dữ liệu phát thải với chi phí sản xuất điện theo thời gian thực, hỗ trợ tối ưu vận hành và từng bước thích ứng với các yêu cầu của thị trường điện và tài chính xanh.

(2) Nhóm ngành Nông nghiệp công nghệ cao

Động lực áp dụng mô hình EE-Econ trong nông nghiệp công nghệ cao chủ yếu đến từ yêu cầu về truy xuất nguồn gốc, "hộ chiếu xanh" và minh chứng định lượng đối với sản phẩm xuất khẩu.

Công ty Cổ phần Ba Huân. Ba Huân đã đầu tư dây chuyền xử lý trứng sạch công nghệ Moba (Hà Lan) và triển khai quản lý sản xuất khép kín "từ trang trại đến bàn ăn". Việc tích hợp dữ liệu OT-IT theo mô hình EE-Econ giúp doanh nghiệp chuyển từ chứng minh chất lượng dựa trên nhãn mác sang dựa trên dữ liệu định lượng, qua đó nâng cao độ tin cậy và năng lực cạnh tranh.

Công ty Cổ phần Vinamit. Với các chứng nhận Organic USDA và Organic EU, Vinamit phải tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn môi trường trong EVFTA. Nhu cầu tích hợp dữ liệu không chỉ nhằm báo cáo phát thải, mà còn để phân bổ chi phí môi trường cho từng lô sản phẩm xuất khẩu. Mô hình EE-Econ giúp doanh nghiệp đáp ứng yêu cầu của thị trường EU và Mỹ, đồng thời tạo lợi thế cạnh tranh dựa trên minh bạch dữ liệu.

4.3. Khoảng trống dữ liệu và động lực chuyển đổi theo RBP

Phân tích các tình huống thực tiễn cho thấy ba vấn đề cốt lõi.

Thứ nhất, sự "lệch pha" giữa dữ liệu OT và IT là rào cản lớn nhất đối với tính kiểm chứng của báo cáo phát thải. Trong khi hệ thống OT đo lường liên tục theo thời gian thực, hệ thống IT vẫn vận hành theo kỳ kế toán. Việc thiếu một lớp tích hợp và ánh xạ dữ liệu khiến dữ liệu vật lý không thể chuyển hóa thành thông tin phục vụ quản trị chi phí môi trường, làm gia tăng sai số và giảm độ tin cậy báo cáo.

Thứ hai, RBP đã trở thành động lực kinh tế cụ thể. Kinh nghiệm từ các doanh nghiệp nông nghiệp công nghệ cao cho thấy minh bạch dữ liệu là điều kiện bắt buộc để thâm nhập thị trường cao cấp, tránh rào cản kỹ thuật và thuế carbon. Nếu không có dữ liệu chứng minh nguồn gốc và mức phát thải, sản phẩm có nguy cơ bị loại khỏi chuỗi cung ứng hoặc chịu chi phí tuân thủ cao.

Thứ ba, việc triển khai mô hình EE-Econ là khả thi về mặt kỹ thuật nhờ nền tảng chuyển đổi số sẵn có. Điểm nghẽn không nằm ở công nghệ phần cứng, mà ở sự thiếu vắng mô hình tích hợp và tư duy coi dữ liệu carbon là tài sản chiến lược.

5. Kết luận và hàm ý quản trị

Nghiên cứu khẳng định rằng tích hợp hệ thống giám sát phát thải thời gian thực vào khung kế toán carbon không chỉ là giải pháp kỹ thuật, mà là nền tảng quản trị cốt lõi để giải quyết "hộp đen" dữ liệu môi trường. Mô hình EE-Econ cho phép tự động hóa dòng dữ liệu từ tầng vật lý lên tầng quản trị, giúp doanh nghiệp thực hành RBP một cách minh bạch và có thể kiểm chứng.

Mô hình này phù hợp cho cả công nghiệp nặng và nông nghiệp công nghệ cao, cho thấy tính khái quát và khả năng ứng dụng rộng.

Về hàm ý quản trị, doanh nghiệp cần coi dữ liệu carbon là tài sản chiến lược, xóa bỏ rào cản giữa bộ phận kỹ thuật và kế toán, đồng thời ưu tiên đầu tư hạ tầng tích hợp dữ liệu. Về phía cơ quan quản lý nhà nước, vai trò kiến tạo thể hiện ở việc xây dựng chuẩn dữ liệu môi trường số, cơ chế khuyến khích chuyển đổi số xanh và hệ thống hệ số phát thải theo ngành.

Mô hình EE-Econ không chỉ là một giải pháp công nghệ, mà là nền tảng hình thành hệ sinh thái dữ liệu carbon, giúp doanh nghiệp Việt Nam chủ động hội nhập, nâng cao năng lực cạnh tranh và thích ứng với chuẩn mực mới của thương mại quốc tế.

Tài liệu tham khảo:

Phạm Thành Công. (2024). Một số vấn đề lý luận về thực hành kinh doanh có trách nhiệm. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm - Kinh nghiệm quốc tế và hàm ý cho Việt Nam (tr. 95-111). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Lê Thùy Dương, (2024). Kinh doanh có trách nhiệm đối với người lao động tại Việt Nam hiện nay: Những bất cập và giải pháp. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 153-177). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Phạm Hùng Tiến. (2024). Những quy định của CHLB Đức đối với các mặt hàng nông sản nhập khẩu. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 219-227). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Phạm Quốc Trí. (2024). Thực hành kinh doanh có trách nhiệm từ góc nhìn của Nhà máy Lọc hóa dầu Nghi Sơn. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 121-138). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Đặng Quang Khoa. (2024). Hiện trạng và xu hướng thực hành kinh doanh có trách nhiệm trong ngành điện. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 75-94). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Phạm Thị Huân. (2024). Công ty Cổ phần Ba Huân: Vì sức khỏe cộng đồng, sản xuất các sản phẩm và thực phẩm chất lượng cao, phục vụ thị trường nội địa và xuất khẩu. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 178-182). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Nguyễn Việt Long và cộng sự. (2024). Thực hiện trách nhiệm xã hội doanh nghiệp qua nghiên cứu khảo sát các doanh nghiệp, hợp tác xã nông nghiệp ở Bình Dương. Kỷ yếu Hội thảo Quốc tế: Thực hành kinh doanh có trách nhiệm (tr. 183-218). Hà Nội: NXB Thông tin và Truyền thông.

Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2010). Sustainability accounting and reporting: fad or trend?. Accounting, Auditing & Accountability Journal.

European Parliament. (2023). Regulation (EU) 2023/956 establishing a carbon border adjustment mechanism. Official Journal of the European Union.