ỨNG DỤNG BIM TRONG THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH THEO MÔ HÌNH KINH TẾ TUẦN HOÀN: THÁCH THỨC VÀ CƠ HỘI TẠI VIỆT NAM

APPLICATION OF BIM IN CONSTRUCTION DESIGN TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY MODEL: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN VIETNAM

ĐINH TRỌNG HÙNG[1] *, LÊ HỮU HỒNG THI *

Tóm tắt: Trong bối cảnh ngành xây dựng tiêu thụ nhiều tài nguyên và phát sinh lượng lớn chất thải, việc ứng dụng BIM gắn liền với kinh tế tuần hoàn trở nên hết sức cần thiết, không chỉ để nâng cao hiệu quả dự án mà còn để góp phần hiện thực hóa mục tiêu phát triển bền vững của quốc gia. Nghiên cứu này tập trung xây dựng khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam. Kết quả cho thấy BIM có tiềm năng trở thành công cụ cốt lõi trong quản lý thông tin xuyên suốt vòng đời công trình, giúp tối ưu hóa sử dụng tài nguyên, giảm thiểu chất thải và tăng cường khả năng tái sử dụng vật liệu. Trên cơ sở phân tích kinh nghiệm quốc tế cùng bối cảnh thực tiễn, nghiên cứu đã chỉ ra những cơ hội quan trọng như sự hình thành khung pháp lý bước đầu, sự tham gia ngày càng nhiều của các cơ sở đào tạo, cùng với xu thế hội nhập hướng tới phát triển bền vững. Tuy nhiên, việc triển khai BIM tại Việt Nam vẫn đối diện với nhiều thách thức như chi phí đầu tư công nghệ cao, hạn chế về nhân lực chuyên môn, hạ tầng dữ liệu chưa hoàn thiện và sự thiếu đồng bộ trong chính sách hỗ trợ.

Từ khóa: BIM, kinh tế tuần hoàn, thiết kế công trình.

Abstract: In the context of the construction industry consuming vast amounts of resources and generating significant waste, the application of BIM in conjunction with circular economy principles becomes essential, not only to enhance project efficiency but also to contribute to the realization of national sustainable development goals. This study focuses on developing a framework for applying BIM in building design under the principles of the circular economy in Vietnam. The findings indicate that BIM has the potential to become a core tool in managing information throughout the project lifecycle, enabling resource optimization, waste minimization, and the promotion of material reuse. Based on an analysis of international experiences and the local context, the study identifies key opportunities such as the initial establishment of a legal framework, the increasing involvement of educational institutions, and the global trend towards sustainable development. However, the implementation of BIM in Vietnam still faces considerable challenges, including high technological investment costs, a shortage of skilled professionals, underdeveloped data infrastructure, and a lack of policy coherence.

Keywords: BIM, circular economy, building design.

(Ngày nhận bài: 18/8/2025, ngày sửa bài: 21/8/2025, ngày duyệt đăng: 09/9/2025)

1. Đặt vấn đề

Ngành xây dựng là một trong những ngành tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên lớn nhất trên toàn cầu, chiếm khoảng 50% tổng lượng tài nguyên không tái tạo được khai thác. Vật liệu xây dựng như bê tông là loại được tiêu thụ rất nhiều trong quá trình thi công và đặc biệt là sản xuất xi măng đã chiếm 8% lượng khí CO_2 toàn cầu. Không chỉ vậy, ngành xây dựng cũng là nguyên nhân chính gây ô nhiễm [1]; chiếm tới 23% ô nhiễm không khí, 40% ô nhiễm nước uống, và chịu trách nhiệm tới 50% chất thải chôn lấp.

Kinh tế tuần hoàn (KTTH) là mô hình phát triển nhằm tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, kéo dài vòng đời vật liệu và giảm thiểu chất thải. Thay vì "khai thác – sử dụng – thải bỏ" như truyền thống, ngành xây dựng sẽ áp dụng nguyên tắc "thiết kế để tái sử dụng, tái chế và tái tạo". Mô hình này giúp giảm đáng kể lượng rác thải xây dựng [2]. Đồng thời, việc tận dụng vật liệu tái chế như thép, bê tông, gỗ hay gạch không chỉ tiết kiệm chi phí

*[1]TS, *Bộ môn Kinh tế xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải*

mà còn giảm phát thải CO_2. Đây là hướng đi tất yếu để ngành xây dựng phát triển bền vững, gắn với mục tiêu kinh tế xanh và thích ứng biến đổi khí hậu [3].

Bên cạnh đó, xu hướng áp dụng BIM (Building Information Modeling) trong các dự án đầu tư xây dựng đang ngày càng rõ nét tại Việt Nam cũng như trên thế giới. Công nghệ này giúp quản lý thông tin công trình xuyên suốt vòng đời dự án, từ giai đoạn thiết kế, thi công đến vận hành, bảo trì [4, 5]. Nhờ đó, chủ đầu tư và nhà thầu có thể nâng cao hiệu quả phối hợp, giảm thiểu sai sót, tiết kiệm chi phí và thời gian. Bên cạnh đó, nhiều chính sách, văn bản pháp luật hiện hành cũng khuyến khích và từng bước yêu cầu ứng dụng BIM trong các dự án lớn. Đây được xem là một bước tiến quan trọng, góp phần hiện đại hóa ngành xây dựng và hội nhập với xu thế toàn cầu.

Ứng dụng BIM trong thiết kế theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn giúp quản lý chính xác vòng đời vật liệu, từ khâu lựa chọn, sử dụng đến tái chế, tái sử dụng sau khi công trình kết thúc [6, 7]. Nhờ đó, dự án không chỉ tối ưu hóa chi phí mà còn giảm thiểu đáng kể tác động đến môi trường, phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững. Tuy nhiên, việc triển khai BIM trong thực tế vẫn còn gặp khó khăn do nhiều nguyên nhân như chi phí đầu tư ban đầu cao, thiếu khung lý thuyết áp dụng và hệ thống tiêu chuẩn đồng bộ. Nghiên cứu này được tiến hành để xây dựng khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn, trên cơ sở đó, nhận diện những cơ hội và thách thức khi áp dụng tại Việt Nam.

2. Tổng quan nghiên cứu

Mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling – BIM) đã xuất hiện từ lâu nhưng chỉ mới vài năm gần đây mô hình này mới được áp dụng rộng rãi. Nhiều nhà đầu tư, thiết kế đã nhận ra vai trò to lớn của BIM đối với ngành xây dựng và bắt đầu khai thác triệt để lợi ích của mô hình này. Việc triển khai BIM đem lại nhiều lợi ích cho các dự án đầu tư xây dựng [8-10]. Trước hết, BIM giúp mô phỏng toàn bộ vòng đời công trình từ thiết kế, thi công đến vận hành, nhờ đó giảm thiểu sai sót và xung đột kỹ thuật. Thứ hai, việc sử dụng BIM tối ưu hóa chi phí và thời gian nhờ khả năng dự đoán khối lượng, tiến độ cũng như quản lý tài nguyên hiệu quả. Thứ ba, BIM hỗ trợ sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan, tạo môi trường làm việc minh bạch và chính xác hơn. Cuối cùng, BIM còn góp phần nâng cao chất lượng công trình và thúc đẩy xu hướng phát triển bền vững trong xây dựng.

Kinh tế tuần hoàn bắt đầu được quan tâm nghiên cứu từ đầu thập niên 1990. Thuật ngữ này lần đầu tiên được Pearce và Turner đưa ra vào năm 1990 [11], với quan điểm rằng mọi yếu tố đều có thể trở thành đầu vào cho một quá trình sản xuất khác. Từ đó, các tác giả đã chỉ ra những hạn chế của mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống – vốn dựa trên việc khai thác tài nguyên rồi thải bỏ – và đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn (Circular Economy). Đây là cách tiếp cận trong đó hoạt động thiết kế, sản xuất và cung ứng dịch vụ đều hướng tới kéo dài vòng đời vật chất, đồng thời giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường [12]. Trong lĩnh vực xây dựng hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam, áp dụng kinh tế tuần hoàn có thể giúp kiểm soát việc sử dụng nguyên liệu thô, giảm khai thác tài nguyên, tận dụng tối đa giá trị vật chất, cũng như hạn chế chất thải và phát thải khí nhà kính từ các hoạt động xây dựng.

Việc kết hợp BIM với kinh tế tuần hoàn giúp tối ưu hóa quản lý tài nguyên và chi phí vòng đời công trình nhờ khả năng mô phỏng, dự báo và theo dõi vật liệu một cách minh bạch. Đồng thời, nó thúc đẩy tái sử dụng, tái chế, giảm phát thải và góp phần hướng ngành xây dựng đến mục tiêu phát triển bền vững. Trong bài nghiên cứu của mình, Copeland và Bilec đã chứng minh việc kết hợp BIM với mô hình kinh tế tuần hoàn mang lại nhiều lợi ích trong ngành xây dựng [13]. BIM cho phép quản lý thông tin toàn vòng đời công trình, hỗ trợ dự báo khả năng tái sử dụng vật liệu và giảm khai thác tài nguyên thô. Bên cạnh đó, vật liệu có thể được định danh, lưu kho và tái phân phối, hình thành ngân hàng vật liệu và thúc đẩy thị trường vật liệu thứ cấp. Nhờ đó, các bên liên quan có thêm dữ liệu minh bạch để ra quyết định bền vững, đồng thời giảm thiểu chất thải xây dựng. Tuy vậy, chi phí công nghệ cao, giá vật liệu mới rẻ, dữ liệu phân tán và khó khăn trong thiết kế linh hoạt vẫn là rào cản lớn. Bên cạnh đó, việc thiếu khung kết hợp chính sách hỗ trợ khiến quá trình ứng dụng rộng rãi còn gặp nhiều thách thức. Tương tự như vậy, theo Charef [14], BIM giúp nâng cao hiệu quả thiết kế và quản lý công trình nhờ khả năng mô phỏng vòng đời, kiểm soát nguyên vật liệu và dự báo khả năng tái sử dụng, từ đó góp phần giảm lãng phí và phát thải. Trong bối cảnh kinh tế tuần hoàn, BIM trở thành công cụ hỗ trợ quan trọng cho việc phát triển "ngân hàng vật liệu", tối ưu hóa chuỗi cung ứng, đồng thời tăng tính minh bạch trong chia sẻ dữ liệu giữa các bên liên quan. Đặc biệt, bài báo đề xuất thêm chiều thứ tám (8D) của BIM – liên quan trực tiếp đến các nguyên tắc kinh tế tuần hoàn, hướng đến quản lý tài nguyên bền vững. Tuy nhiên, vẫn tồn tại nhiều thách thức như chi phí đầu tư công nghệ cao, dữ liệu phân tán và chưa có hệ thống tiêu chuẩn thống nhất. Ngoài ra, sự phức tạp trong việc tích hợp vật liệu tái sử dụng vào thiết kế cũng như thiếu chính sách khuyến khích khiến việc triển khai rộng rãi còn hạn chế. Ngoài ra, nghiên cứu của AlJaber và cộng sự [15] cho thấy BIM hỗ trợ mạnh mẽ trong việc tính toán vòng đời chi phí (LCC) của công trình khi áp dụng kinh tế tuần hoàn, giúp dự báo chi phí dài hạn, tối ưu sử dụng vật liệu và giảm thiểu lãng phí. Ưu điểm lớn là BIM cung cấp dữ liệu chính xác, minh bạch và khả năng tích hợp thông tin đa chiều, từ đó giúp quản lý chi phí, bảo trì và tái sử dụng vật liệu hiệu quả. Đồng thời, BIM còn hỗ trợ phân tích kịch bản, so sánh giải pháp để lựa chọn phương án bền vững. Tuy nhiên, bài báo cũng nêu ra thách thức là thiếu khung chuẩn hóa trong việc kết hợp BIM với LCC, đặc biệt ở giai đoạn thiết kế sớm. Ngoài ra, còn hạn chế về cơ sở dữ liệu vật liệu tái chế, chi phí vòng đời thực tế và công cụ tích hợp. Điều này khiến cho việc áp dụng vẫn gặp nhiều khó khăn trong thực tiễn. Thêm vào đó, nghiên cứu của Behúnová và cộng sự

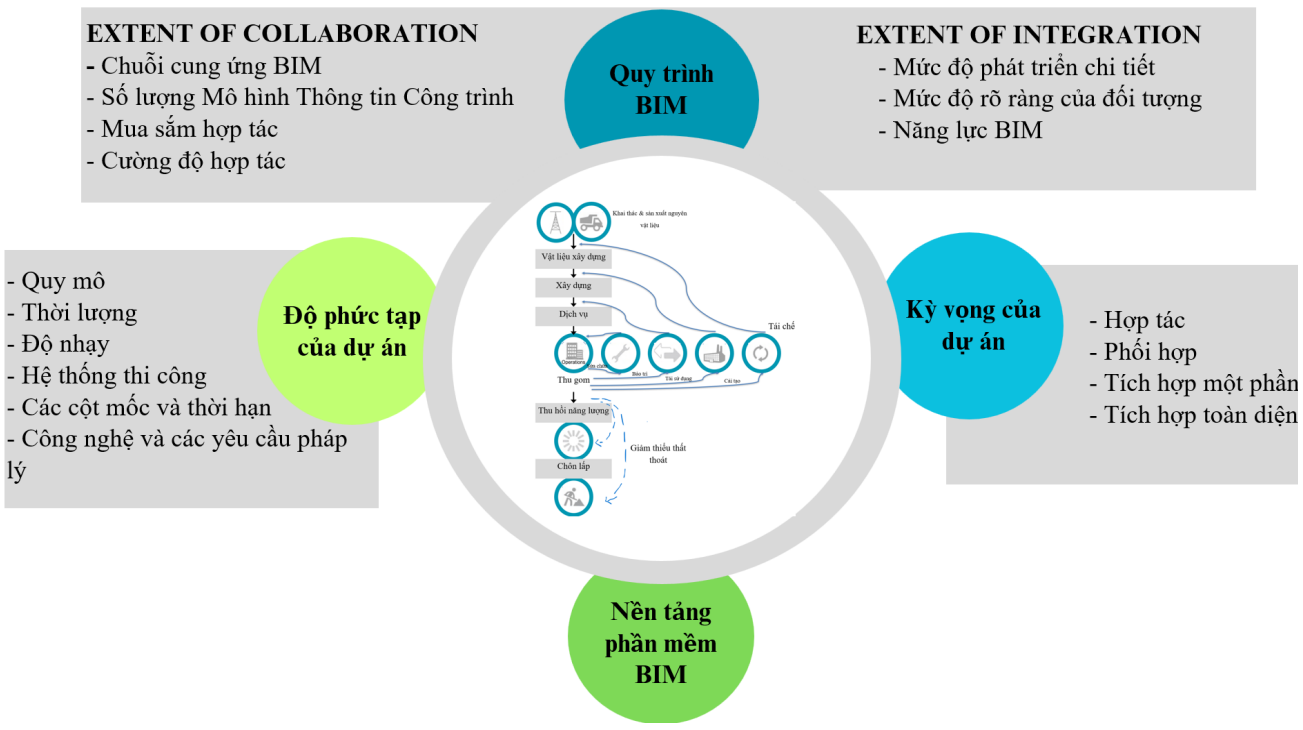
[16] đã chứng minh rằng BIM giúp cải thiện các chỉ số hiệu suất trong kinh tế tuần hoàn, như giảm chi phí vật liệu, chi phí xử lý rác thải, tăng tỷ lệ sử dụng vật liệu tái chế. BIM cung cấp khả năng xử lý nhanh dữ liệu, mô phỏng các kịch bản, từ đó hỗ trợ quyết định quản lý dự án hiệu quả và bền vững. Ưu điểm nổi bật là BIM không chỉ hỗ trợ thiết kế hình học mà còn tích hợp dữ liệu kinh tế, môi trường, tạo điều kiện để theo dõi KPI về CE xuyên suốt vòng đời công trình. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng chỉ ra nhiều rào cản: BIM vẫn thường bị nhìn nhận hạn hẹp như một công cụ phần mềm, thiếu sự tích hợp toàn diện vào hệ thống quản lý. Ngoài ra, việc triển khai đòi hỏi thay đổi quy trình, nhân lực và tiêu chuẩn hóa dữ liệu. Điều này gây khó khăn trong việc hiện thực hóa toàn bộ tiềm năng của BIM đối với CE.

Tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, việc tích hợp BIM với mô hình kinh tế tuần hoàn còn gặp nhiều thách thức do thiếu khung ứng dụng và hệ thống tiêu chuẩn thống nhất, khiến dữ liệu về vật liệu, chi phí vòng đời và tái chế còn rời rạc. Bên cạnh đó, chi phí triển khai cao, hạn chế về năng lực nhân lực, cũng như sự thiếu đồng bộ trong chính sách hỗ trợ đã cản trở quá trình áp dụng rộng rãi trong thực tiễn xây dựng. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đề xuất khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn cùng với những cơ hội và thách thức khi tích hợp BIM và kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam.

3. Khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn

Việc xây dựng khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn là hết sức cần thiết nhằm định hướng thống nhất cho các bên tham gia, đảm bảo dữ liệu được quản lý xuyên suốt vòng đời dự án. Đây không chỉ là công cụ hỗ trợ tối ưu hóa tài nguyên và giảm thiểu chất thải, mà còn là nền tảng giúp ngành xây dựng Việt Nam tiếp cận gần hơn với mục tiêu phát triển bền vững.

Hình 1. Khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn



Khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn được giải thích như sau:

Trong mô hình BIM, quy trình BIM (BIM Process) đóng vai trò trung tâm, được quyết định bởi hai yếu tố quan trọng: mức độ hợp tác (extent of collaboration) và mức độ tích hợp (extent of integration). Về hợp tác, chuỗi cung ứng BIM (BIM supply chain) liên quan đến nhiều bên tham gia – từ nhà sản xuất vật liệu, đơn vị thi công, nhà thầu đến chủ đầu tư – cho phép chia sẻ thông tin xuyên suốt, nhờ đó vật liệu và cấu kiện có thể được theo dõi, tái sử dụng hoặc phân phối lại sau khi công trình kết thúc vòng đời sử dụng. Về tích hợp, khả năng phát triển chi tiết mô hình (Level of Development – LOD) và độ rõ ràng của đối tượng (Object's Clarity) giúp nhận diện và phân loại chính xác các loại vật liệu. Khi kết hợp với năng lực xử lý dữ liệu lớn của nền tảng BIM, quy trình này trở thành "cơ sở dữ liệu số hóa" hỗ trợ nguyên tắc KTTH như bảo trì, sửa chữa, tái sản xuất, tái chế thay vì chỉ chôn lấp hay thu hồi năng lượng. Nhờ vậy, BIM tạo điều kiện cho việc khép kín vòng tuần hoàn vật liệu trong xây dựng.

Độ phức tạp của dự án (Project Complexity) là một yếu tố quan trọng trong quyết định áp dụng BIM và KTTH. Các dự án có quy mô lớn (size), thời gian thực hiện dài (duration), hoặc có tính nhạy cảm cao (sensitivity) thường đòi hỏi một hệ thống quản lý thông tin chính xác và minh bạch để tránh lãng phí và sai sót. BIM cho phép mô phỏng toàn bộ hệ thống xây dựng (construction system), theo

dõi các mốc tiến độ (milestones) và thời hạn (deadlines), cũng như đảm bảo tuân thủ các yêu cầu công nghệ và quy định pháp lý (technologies & regulatory requirements). Khi tích hợp với KTTH, BIM có thể dự báo lượng vật liệu cần thiết, kiểm soát mức dư thừa, và lên kế hoạch tái sử dụng vật liệu cho các giai đoạn tiếp theo. Điều này không chỉ giúp tiết kiệm chi phí mà còn góp phần giảm thiểu phát thải carbon, một yêu cầu cấp thiết trong xu hướng phát triển bền vững.

Kỳ vọng của dự án (Project Expectation) bao gồm các mức độ từ hợp tác (cooperation), phối hợp (coordination), tích hợp một phần (partial integration) đến tích hợp hoàn chỉnh (full integration). Trong bối cảnh KTTH, sự hợp tác đơn thuần giữa các bên chỉ dừng ở mức độ chia sẻ dữ liệu vật liệu cơ bản, trong khi tích hợp hoàn chỉnh cho phép quản lý toàn bộ vòng đời vật liệu – từ khai thác, sử dụng, bảo trì đến tái chế và tái sử dụng. Khi kỳ vọng dự án hướng đến tính bền vững, BIM có thể cung cấp dữ liệu chi tiết về thành phần, chất lượng và khả năng tái sử dụng của từng cấu kiện, từ đó biến công trình trở thành một "ngân hàng vật liệu" có giá trị cho các dự án tương lai. Như vậy, mức độ kỳ vọng càng cao thì khả năng hiện thực hóa các nguyên tắc KTTH thông qua BIM càng rõ rệt.

Một yếu tố then chốt khác là nền tảng phần mềm BIM (BIM Software Platform), bao gồm các công cụ chuyên dụng (Revit, ArchiCAD, Navisworks, Tekla...) và các giai đoạn ứng dụng (thiết kế – thi công – vận hành). Các công cụ này không chỉ hỗ trợ mô hình hóa thông tin công trình mà còn cho phép phân tích vòng đời (Life Cycle Assessment – LCA), đánh giá mức độ phát thải carbon, và dự báo hiệu quả tái sử dụng vật liệu. Khi kết hợp với các công nghệ bổ trợ như IoT (Internet of Things), AI (trí tuệ nhân tạo), và điện toán đám mây, nền tảng BIM có thể theo dõi vật liệu theo thời gian thực, đánh giá tuổi thọ, và đưa ra quyết định tối ưu về bảo trì, sửa chữa hay thay thế. Đây là cơ sở hạ tầng số hóa quan trọng để triển khai KTTH trong xây dựng một cách hiệu quả và bền vững.

Sự kết hợp giữa BIM và KTTH mang lại nhiều giá trị học thuật và thực tiễn. Về mặt quản lý, nó giúp minh bạch hóa dữ liệu, giảm thiểu rủi ro và chi phí trong toàn bộ vòng đời dự án. Về môi trường, nó góp phần giảm phát thải, hạn chế rác thải xây dựng và tối ưu hóa sử dụng tài nguyên. Về kinh tế, nó mở ra cơ hội khai thác giá trị từ vật liệu sau khi công trình hết vòng đời sử dụng, thay vì lãng phí tại bãi chôn lấp. Đặc biệt, trong bối cảnh các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, nơi còn thiếu khung pháp lý và cơ chế ứng dụng rõ ràng, việc kết hợp BIM và KTTH có thể trở thành hướng đi chiến lược, đồng thời đặt ra yêu cầu xây dựng hệ thống chuẩn dữ liệu, đào tạo nguồn nhân lực và nâng cao năng lực công nghệ để hiện thực hóa mô hình này.

Cơ hội và thách thức ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam

Ngành xây dựng tại Việt Nam hiện đóng góp lớn vào tăng trưởng kinh tế, song cũng phát sinh nhiều thách thức về tiêu thụ tài nguyên và phát thải. Trước yêu cầu đổi mới, ứng dụng kinh tế tuần hoàn trở thành hướng đi cần thiết nhằm cân bằng giữa phát triển và bảo vệ môi trường. Trong tiến trình đó, BIM được xem như giải pháp công nghệ hỗ trợ kiểm soát vật liệu, năng lượng và vòng đời công trình. Thông qua khả năng mô phỏng và quản lý dữ liệu đồng bộ, BIM giúp các bên liên quan đưa ra quyết định chính xác và tiết kiệm. Nhờ vậy, BIM mở ra cơ hội quan trọng để thúc đẩy thiết kế công trình bền vững theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam. Hiện nay, việc ứng dụng BIM vào thiết kế theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam đang có nhiều cơ hội vì các lý do sau:

• **Khung pháp lý và chính sách hỗ trợ:** Nhà nước đã ban hành nhiều văn bản khuyến khích áp dụng BIM, tiêu biểu như Quyết định số 347/QĐ-BXD năm 2021 công bố Hướng dẫn chi tiết áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị do Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành và Quyết định số 258/QĐ-TTg (2023) về lộ trình ứng dụng BIM trong hoạt động xây dựng. Đây là nền tảng pháp lý quan trọng thúc đẩy doanh nghiệp, tổ chức chủ động áp dụng BIM gắn với mục tiêu phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn. Một số văn bản được ban hành gần đây khẳng định sự quan tâm của Đảng và Chính phủ vào việc ứng dụng BIM vào quá trình thiết kế công trình:

Bảng 1. Các văn bản pháp lý quan trọng về ứng dụng BIM vào các dự án đầu tư xây dựng

Tên văn bản	Năm ban hành	Cơ quan ban hành	Tác động đến việc ứng dụng BIM vào các dự án đầu tư xây dựng
347/QĐ-BXD	2021	Bộ Xây dựng	Hướng dẫn chi tiết áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật đô thị. Hướng dẫn này làm rõ thêm một số nội dung có tính chất đặc thù liên quan đến tạo dựng Mô hình BIM trong công trình dân dụng (nhà ở, văn phòng, trụ sở,...) và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị (liên quan đến giao thông, cấp thoát nước). Các nội dung hướng dẫn áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) tổng thể trong dự án đầu tư xây dựng tham khảo theo Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM).
348/QĐ-BXD	2021	Bộ Xây dựng	Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM). Hướng dẫn này cập nhật, làm rõ thêm một số nội dung liên quan đến trình tự triển khai áp dụng BIM trong dự án đầu tư xây dựng, hướng dẫn lựa chọn nội dung áp dụng BIM, môi trường dữ liệu chung (CDE), các yêu cầu trong quá trình tạo lập mô hình và các biểu mẫu hồ sơ Yêu cầu về thông tin trao đổi (EIR) và Kế hoạch thực hiện BIM (BEP).
258/QĐ-TTg	2023	Thủ tướng chính phủ	Phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng bao gồm 2 giai đoạn: 2023 – 2025 và từ 2025 trở đi
175/2024/NĐ-CP	2024	Chính phủ	Áp dụng đối với dự án có quy mô từ nhóm B trở lên ở thời điểm bắt đầu chuẩn bị dự án và chỉ yêu cầu áp dụng đối với công trình xây dựng mới từ cấp II trở lên thuộc dự án và khuyến khích chủ đầu tư chủ động áp dụng BIM trong đầu tư xây dựng và cung cấp tập tin BIM theo quy định
926/QĐ-BXD	2024	Bộ Xây dựng	Văn bản này đã xác định các mục tiêu cần đạt được khi triển khai BIM vào thực tế. Giai đoạn 2024 – 2025: Hoàn thành xây dựng nền tảng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý quy hoạch xây dựng, quản lý việc xây dựng theo quy hoạch và quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị trên toàn quốc. Giai đoạn 2026 – 2030: Ứng dụng nền tảng thông tin công trình BIM trong công tác quản lý nhà nước lĩnh vực xây dựng.
554/QĐ-BXD	2025	Bộ Xây dựng	Trong quyết định này, BXD đã xác định việc triển khai nền tảng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý hoạt động xây dựng và quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị trên toàn quốc là nội dung ưu tiên trong năm 2025.

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Chương trình đào tạo và nâng cao năng lực: Nhiều trường đại học, viện nghiên cứu, cũng như các khóa đào tạo nghề trong nước đã bắt đầu tích hợp BIM và nguyên tắc kinh tế tuần hoàn vào chương trình giảng dạy (Ví dụ: Các khóa đào tạo BIM tại các trung tâm chuyên nghiệp như Revit Việt Nam). Điều này mở ra cơ hội hình thành nguồn nhân lực chất lượng cao, sẵn sàng đáp ứng nhu cầu của thị trường.

Thực tiễn dự án thử nghiệm và nhân rộng: Một số dự án hạ tầng và công trình dân dụng ở Việt Nam (như cao tốc, sân bay, khu đô thị mới) đã thí điểm áp dụng BIM trong thiết kế và quản lý. Đây là cơ hội để rút kinh nghiệm thực tiễn, đồng thời nhân rộng mô hình cho nhiều loại công trình khác, đặc biệt khi kết hợp cùng các giải pháp tiết kiệm năng lượng và tái sử dụng vật liệu.

Xu thế toàn cầu và hội nhập quốc tế: Xu hướng kinh tế tuần hoàn và BIM đã trở thành tiêu chuẩn tại nhiều quốc gia phát triển. Khi Việt Nam hội nhập sâu rộng với thị trường quốc tế, việc đón đầu xu thế này sẽ giúp ngành xây dựng nâng cao vị thế và mở rộng cơ hội hợp tác, đặc biệt trong các dự án FDI hoặc dự án có yêu cầu chứng chỉ xanh (LEED, LOTUS).

Áp lực đô thị hóa và phát triển bền vững: Việt Nam đang đối mặt với tốc độ đô thị hóa nhanh, nhu cầu xây dựng hạ tầng và nhà ở rất lớn. Đây vừa là thách thức vừa là cơ hội để áp dụng BIM theo hướng kinh tế tuần hoàn, nhằm giảm thiểu tác động môi trường, tiết kiệm tài nguyên và đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững.

Chuyển đổi số trong ngành xây dựng: Chính phủ Việt Nam đang thúc đẩy chiến lược chuyển đổi số quốc gia, trong đó ngành xây dựng là một lĩnh vực ưu tiên. BIM chính là công cụ cốt lõi để hiện thực hóa chuyển đổi số, kết nối với công nghệ IoT, AI, GIS... – tạo cơ hội áp dụng kinh tế tuần hoàn một cách thông minh và dữ liệu hóa.

Sự quan tâm của các tổ chức quốc tế: Nhiều tổ chức phát triển (World Bank, ADB, JICA...) hỗ trợ vốn

và kỹ thuật cho các dự án hạ tầng tại Việt Nam. Các dự án này thường yêu cầu tiêu chuẩn bền vững, minh bạch dữ liệu, và BIM chính là cơ hội để đáp ứng các yêu cầu quốc tế đó.

Thị trường bất động sản và xây dựng đang dịch chuyển: Người mua nhà, nhà đầu tư ngày càng quan tâm đến công trình xanh, bền vững và tiết kiệm chi phí vận hành. Đây là cơ hội để các chủ đầu tư ứng dụng BIM gắn với kinh tế tuần hoàn nhằm nâng cao giá trị cạnh tranh của công trình.

Tiềm năng hình thành hệ sinh thái đổi mới sáng tạo: Việc áp dụng BIM sẽ kéo theo nhu cầu phát triển các phần mềm, nền tảng tích hợp dữ liệu, giải pháp tái chế và quản lý tài nguyên. Điều này mở ra cơ hội cho doanh nghiệp công nghệ, startup và các viện nghiên cứu trong nước tham gia, tạo hệ sinh thái hỗ trợ BIM và kinh tế tuần hoàn.

Sự đồng thuận và nhận thức xã hội gia tăng: Truyền thông, cộng đồng và giới chuyên môn ngày càng nhấn mạnh đến yêu cầu giảm phát thải, bảo vệ môi trường. Điều này tạo ra áp lực tích cực, khuyến khích doanh nghiệp xây dựng nhanh chóng chuyển đổi theo hướng áp dụng BIM và kinh tế tuần hoàn.

Việc ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam hiện nay vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức nhất định. Những khó khăn này không chỉ liên quan đến yếu tố kỹ thuật mà còn gắn liền với bối cảnh thể chế, nguồn lực và khả năng phối hợp của các bên tham gia. Cụ thể như bảng 2.

Bảng 2. Các thách thức chính khi ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam

Thách thức	Tài liệu tham khảo	Ý nghĩa
Chi phí đầu tư ban đầu cao	[13, 14]	Chi phí đầu tư ban đầu cho phần mềm và công nghệ cần thiết. Việc chuyển đổi từ các phương pháp truyền thống sang ứng dụng BIM đòi hỏi một khoản đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng công nghệ và phần mềm.
Thiếu nguồn nhân lực có trình độ cao	[16, 17]	Yêu cầu đội ngũ nhân lực có kỹ năng và kiến thức chuyên sâu về công nghệ thông tin, thiết kế, cũng như các nguyên tắc của kinh tế tuần hoàn.
Khả năng tích hợp giữa các phần mềm và quy trình công việc	[15, 17]	Các công ty và tổ chức thường sử dụng nhiều phần mềm khác nhau trong các giai đoạn khác nhau của dự án xây dựng, từ thiết kế đến thi công.
Thiếu các quy định và chính sách hỗ trợ	[13, 14]	Các quy định cụ thể về việc ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn vẫn còn hạn chế. Điều này gây khó khăn cho các doanh nghiệp khi triển khai các công nghệ mới, đặc biệt là trong việc đảm bảo tính đồng bộ và tuân thủ quy định trong các dự án xây dựng.
Thiếu tích hợp vòng đời công trình	[15, 17]	BIM ở Việt Nam chủ yếu mới được áp dụng ở giai đoạn thiết kế và thi công, ít được dùng trong vận hành, bảo trì, tháo dỡ – trong khi đây là các khâu quan trọng để đạt được mục tiêu tuần hoàn.
Kháng cự thay đổi trong tổ chức	[17, 18]	Nhiều lãnh đạo và nhân viên quen với phương pháp truyền thống, ngần ngại thay đổi quy trình và lo ngại rủi ro khi áp dụng công nghệ mới.

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất khung ứng dụng BIM trong thiết kế công trình theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn, trong đó nhấn mạnh vai trò trung tâm của quy trình BIM, mức độ hợp tác giữa các bên, khả năng tích hợp công nghệ và quản lý vòng đời công trình. Khung này cho thấy BIM không chỉ hỗ trợ quản lý thông tin xuyên suốt vòng đời dự án mà còn mở ra khả năng theo dõi, tái sử dụng và tái chế vật liệu, từ đó góp phần hiện thực hóa mục tiêu phát triển bền vững trong xây dựng.

Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng Việt Nam đang đứng trước nhiều cơ hội thuận lợi để thúc đẩy ứng dụng BIM theo hướng kinh tế tuần hoàn, bao gồm khung pháp lý ngày càng hoàn thiện, sự quan tâm của các cơ sở đào tạo, một số dự án thí điểm thành công và xu thế hội nhập quốc tế về phát triển bền vững. Tuy nhiên, đồng thời vẫn tồn tại những thách thức đáng kể như chi phí đầu tư công nghệ cao, thiếu nhân lực chất lượng, hạn chế về hạ tầng dữ liệu và sự thiếu đồng bộ trong chính sách hỗ trợ. Những yếu tố này cho thấy việc triển khai BIM theo hướng kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam còn nhiều trở ngại cần giải quyết.

Nghiên cứu vẫn có một số hạn chế nhất định, đặc biệt là chưa tiến hành khảo sát thực nghiệm sâu rộng với các dự án cụ thể để kiểm chứng và hoàn thiện khung ứng dụng đã đề xuất. Ngoài ra, phạm vi nghiên cứu chủ yếu dừng lại ở phân tích cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm quốc tế, chưa xem xét đầy đủ các yếu tố xã hội – văn hóa ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng tại Việt Nam. Do đó, hướng nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc thử nghiệm khung ứng dụng BIM trong các dự án thực tế, xây dựng cơ sở dữ liệu vật liệu tái chế phù hợp với bối cảnh trong nước và phát triển các chỉ số đánh giá hiệu quả kinh tế – môi trường khi áp dụng. Đồng thời, cần đẩy mạnh nghiên cứu liên ngành nhằm tích hợp BIM với các công nghệ số mới như IoT, AI và blockchain để nâng cao khả năng theo dõi, phân tích và quản lý vòng đời công trình. Đây sẽ là nền tảng quan trọng giúp khung ứng dụng BIM trở thành công cụ khả thi, đóng góp thiết thực cho mục tiêu phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn trong ngành xây dựng Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Gasparri, E., et al. (2023), Circular economy in construction: A systematic review of knowledge gaps towards a novel research framework. Frontiers in Built Environment. 9: p. 1239757.
[2] Ossio, F., C. Salinas, and H. Hernández. (2023), Circular economy in the built environment: A systematic literature review and definition of the circular construction concept. Journal of Cleaner Production. 414: p. 137738. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137738.
[3] Ahrens, E.E. (2023), Circular Economy in the Construction Industry: Barriers and Drivers for the Implementation of Circularity in Family-Owned Construction Companies in Germany, University of Groningen: Leeuwarden. https://campus-fryslan.studenttheses.ub.rug.nl/333/1/MA%205072387%20E%20E%20Ahrens.pdf.
[4] Gozali, S., et al. (2019), BIM applications to leveraging lean principles in modern construction. 43RD AUBEA. p. 376. http://hdl.handle.net/10072/389225.
[5] Latiffi, A.A., et al. (2013), Building information modeling (BIM) application in Malaysian construction industry. International Journal of Construction Engineering and Management. 2(4A): p. 1-6. DOI: https://doi.org/10.5923/s.ijcem.201309.01.
[6] O'Grady, T.M., et al. (2021), Circular Economy and Virtual Reality in Advanced BIM-Based Prefabricated Construction. Energies. 14(13): p. 4065. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/13/4065.
[7] Figueiredo, K., et al. (2021), Sustainable material choice for construction projects: A Life Cycle Sustainability Assessment framework based on BIM and Fuzzy-AHP. Building and Environment. 196: p. 107805. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107805.
[8] Olaiya, B.C., O.G. Fadugba, and M.M. Lawan. (2024), Building Information Modeling (BIM) Implementation and Practices in Construction Industry: A Review, in Advances in Civil Engineering - Sustainable Materials and Resilient Structures, A. Bahadori-Jahromi, Editor. 2024, IntechOpen: Rijeka. DOI: 10.5772/intechopen.1006363.
[9] Ullah, K., I. Lill, and E. Witt. (2019). An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. in 10th Nordic conference on construction economics and organization. Emerald Publishing Limited.
[10] Alnajjar, O., E. Atencio, and J. Turmo. (2025), A Systematic Review of Lean Construction, BIM and Emerging Technologies Integration: Identifying Key Tools. Buildings. 15(16): p. 2884. https://www.mdpi.com/2075-5309/15/16/2884.
[11] Pearce, D.W. and R.K. Turner. (1990), Economics of natural resources and the environment. Johns Hopkins University Press.
[12] Nguyễn Ngọc Toàn. (2021), Kinh tế tuần hoàn và lựa chọn chiến lược phát triển kinh tế tuần hoàn của Việt Nam. Tạp chí Kinh tế và Quản lý. 38.
[13] Copeland, S. and M. Bilec. (2020), Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy. Procedia CIRP. 90: p. 143-147. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.122.
[14] Charef, R. (2022), The use of Building Information Modelling in the circular economy context: Several models and a new dimension of BIM (8D). Cleaner Engineering and Technology. 7: p. 100414. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100414.
[15] AlJaber, A., et al. Life Cycle Cost in Circular Economy of Buildings by Applying Building Information Modeling (BIM): A State of the Art. Buildings, 2023. 13, DOI: 10.3390/buildings13071858.
[16] Behúnová, A., et al. (2024), The Building Information Modelling Through Information Technology and Impacts on Selected Circular Economy Performance Indicators of Construction Projects. Mobile Networks and Applications. 29(2): p. 506-515. DOI: 10.1007/s11036-023-02268-7.
[17] Likita, A.J. and M.B. Jelodar. (2019), An overview of challenges of BIM and lean construction implementation in the New Zealand construction industry. 43RD AUBEA. 714.
[18] Kumar, B. (2015), A practical guide to adopting BIM in construction projects. Whittles Publishing.