

# Ứng dụng BIM cho công tác chế tạo cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn

## Application of bim in the fabrication of precast reinforced concrete components

> TS NGÔ THANH THỦY, TS HUỖNH XUÂN TÍN\*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Email: \*tinhx\_ph@utc.edu.vn

### TÓM TẮT

Ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong chế tạo dầm bê tông cốt thép (BTCT) đã mang lại những cải tiến đáng kể về độ chính xác, tối ưu hóa quy trình sản xuất và hỗ trợ tiếp thị sản phẩm. Nghiên cứu này trình bày việc ứng dụng BIM để tạo mô hình 3D, xuất bản vẽ 2D, bóc tách khối lượng, mô phỏng quy trình chế tạo và vận chuyển, đồng thời tích hợp công nghệ 4D/5D BIM để cải thiện hiệu quả quản lý sản xuất. Kết quả cho thấy BIM không chỉ giảm thời gian và chi phí mà còn tăng độ chính xác và chất lượng trong toàn bộ vòng đời sản phẩm.

**Từ khóa:** Mô hình thông tin công trình (BIM), cấu kiện đúc sẵn, BIM 4D/5D.

### ABSTRACT

The application of Building Information Modeling (BIM) in the fabrication of reinforced concrete (RC) beams has led to significant improvements in accuracy, production process optimization and product marketing support. This study presents the use of BIM to create 3D models, generate 2D drawings, extract quantities, simulate the fabrication and transportation process and integrate 4D/5D BIM technology to enhance production management efficiency. The results indicate that BIM not only reduces time and costs but also improves accuracy and quality throughout the entire product lifecycle.

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM), precast component, BIM 4D/5D.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô hình thông tin công trình (BIM) đã được ứng dụng để thiết kế, thi công và tiến tới quản lý vận hành theo Lộ trình áp dụng BIM của Chính phủ (Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 [1]), các Hướng dẫn áp dụng BIM của Bộ Xây dựng (Quyết định số 347/QĐ-BXD [2] và Quyết định số 348/QĐ-BXD [3] ngày 02/4/2021). BIM mang lại nhiều lợi ích vượt trội cho công trình xây dựng [4-7], bao gồm cải thiện hiệu quả thiết kế, quản lý thông tin và phối hợp đa ngành, giúp giảm thiểu xung đột và sai sót. Công nghệ này tối ưu hóa chi phí, thời gian, nâng cao chất lượng công trình và hỗ trợ quản lý vận hành, bảo trì trong suốt vòng đời dự án. Ngoài ra, BIM thúc đẩy xu hướng số hóa, phát triển bền vững, giảm thiểu rủi ro và tăng tính minh bạch trong quản lý dự án.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới [8, 9] đã chỉ ra rằng, việc áp dụng BIM giúp tối ưu hóa thiết kế, giảm thiểu xung đột trong thiết kế và nâng cao hiệu quả sản xuất cấu kiện BTCT đúc sẵn.

Lợi ích của ứng dụng mô hình BIM tại Việt Nam còn lớn hơn nữa nếu có thể gắn với sản xuất các cấu kiện bê tông đúc sẵn trong nhà máy. Hiện nay, xu hướng sử dụng cấu kiện đúc sẵn đang tăng lên, tuy nhiên vấn đề cải thiện độ chính xác trong chế tạo (cốt thép, cốt pha), tối ưu hóa quy trình sản xuất (kiểm soát khối lượng bê tông, cốt thép, cốt pha; sự phối hợp nhịp nhàng của các công đoạn)

và công tác hỗ trợ tiếp thị (các bước thể hiện quy trình chế tạo, vận chuyển, lắp đặt cấu kiện) vẫn còn nhiều yếu tố cần cải thiện.

Mục tiêu chính của bài báo là áp dụng BIM trong thiết kế và sản xuất các cấu kiện bê tông đúc sẵn nhằm: (i) Tăng độ chính xác trong chế tạo; (ii) Tối ưu hóa quy trình sản xuất; (iii) Hỗ trợ hoạt động tiếp thị qua ứng dụng BIM.

### 2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

#### 2.1. Phương pháp xây dựng mô hình BIM dầm BTCT

Quy trình mô hình hóa dầm BTCT trên nền tảng BIM gồm 4 bước: (1) Chuẩn bị dữ liệu và thiết lập phần mềm; (2) Tạo mô hình bố trí chung dầm; (3) Tạo mô hình cốt thép và chi tiết khác; (4) Gán thông tin phi hình học. Các bước này đảm bảo tính chính xác và hiệu quả trong thiết kế và sản xuất.

##### \* Chuẩn bị dữ liệu và thiết lập phần mềm:

- Dữ liệu đầu vào gồm bản vẽ 2D, được tích hợp vào phần mềm Autodesk Revit để đảm bảo tuân thủ các tiêu chuẩn BIM hiện hành.

##### \* Tạo mô hình bố trí chung dầm:

- Sử dụng các Family trong Revit hoặc công cụ Beam trong tab "Structure" để tạo mô hình kết cấu dầm.

- Định nghĩa các thông số quan trọng như chiều dài, chiều rộng, chiều cao và vật liệu, đảm bảo mô hình phản ánh đúng kích

thước thực tế và hỗ trợ bóc tách khối lượng.

*\* Tạo mô hình cốt thép và chi tiết khác:*

- Sử dụng công cụ Rebar trong Revit để bố trí cốt thép theo tiêu chuẩn thiết kế, xác định các thông số như đường kính, lớp bê tông bảo vệ và bán kính uốn.

- Kiểm tra xung đột giữa cốt thép và các thành phần khác nhằm đảm bảo thiết kế chính xác, khả thi.

*\* Gán thông tin phi hình học:*

- Cung cấp thông tin về vật liệu, quy trình chế tạo, thông số kỹ thuật nhằm hỗ trợ quản lý dữ liệu và tối ưu hóa sản xuất.

**2.2. Phương pháp xuất bản vẽ 2D, 3D từ mô hình BIM**

Quy trình xuất bản vẽ từ mô hình BIM bao gồm 4 bước. Kết quả xuất bản vẽ 2D, 3D từ mô hình BIM trình bày trong Hình 1.

*\* Bước 1: Thiết lập các View bản vẽ.*

- Lựa chọn các View phù hợp như "Floor Plan," "Elevation," "Section".

- Kiểm tra kích thước, tỷ lệ và bố cục bản vẽ để đảm bảo tuân thủ tiêu chuẩn kỹ thuật.

- Xác minh tiêu đề, khung tên và thông tin dự án trước khi xuất bản vẽ.

*\* Bước 2: Tùy chỉnh hiển thị.*

- Điều chỉnh tỷ lệ bản vẽ phù hợp với khổ giấy và quy định kỹ thuật.

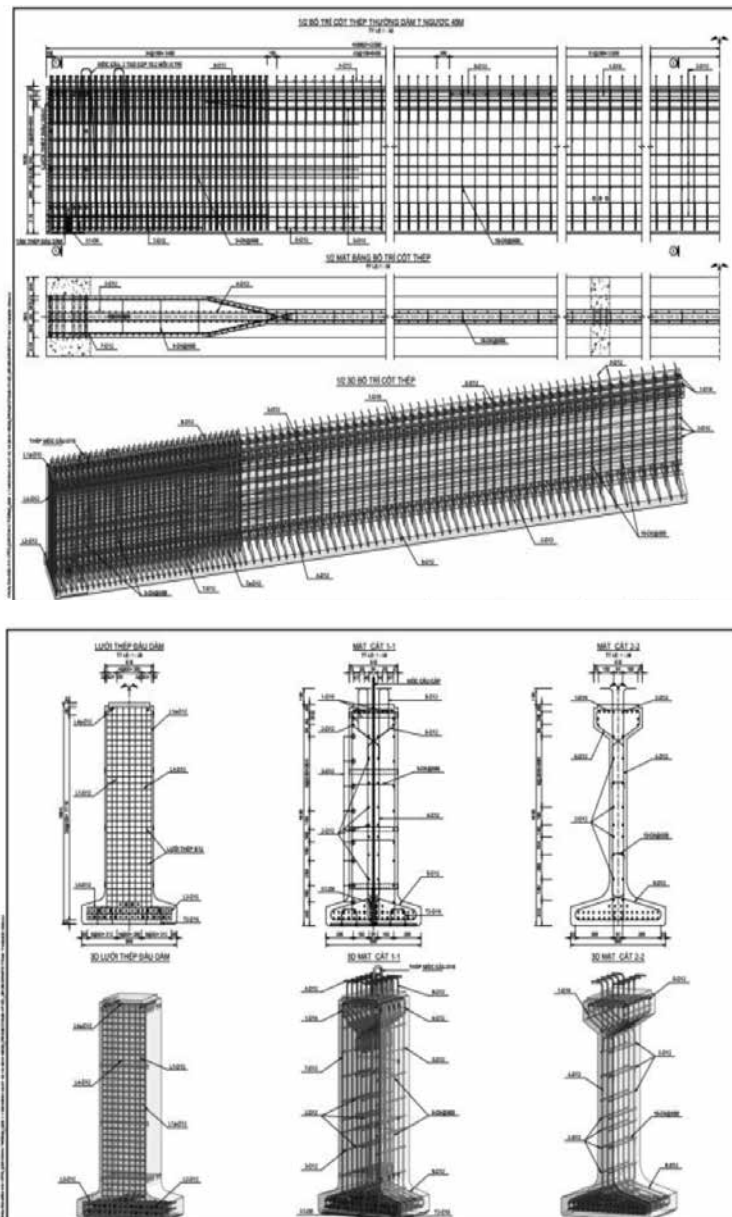
- Điều chỉnh đường nét (Lineweight) để làm nổi bật các chi tiết quan trọng.

*\* Bước 3: Đo kích thước và ghi chú.*

- Sử dụng công cụ "Annotate" để bổ sung thông tin như kích thước, mã vật liệu hoặc yêu cầu kỹ thuật.

*\* Bước 4: Xuất bản vẽ sang PDF.*

- Sử dụng chức năng "Export" hoặc "Print" để xuất bản vẽ dưới dạng PDF, đảm bảo hiển thị đầy đủ và đúng yêu cầu kỹ thuật.



Hình 1. Bản vẽ 2D, 3D dầm I33 xuất từ mô hình BIM

### 2.3. Phương pháp xuất bảng khối lượng bê tông và cốt thép từ mô hình BIM

Bảng 1. Khối lượng cốt thép xuất từ mô hình BIM

BẢNG TỔNG HỢP KHỐI LƯỢNG CỐT THÉP									
CHI TIẾT CỐT THÉP DẠM T NGƯỢC									
SỐ HIỆU THÉP	ĐƯỜNG KÍNH (MM)	SỐ LƯỢNG	CHIỀU DÀI 1 THUAH (MM)	SỐ MỐC NỐI	CHIỀU DÀI MỐC NỐI (MM)	TỔNG CHIỀU DÀI (M)	KHỐI LƯỢNG ĐƠN VỊ (KG/M)	TỔNG KHỐI LƯỢNG (KG)	GHI CHÚ
THÉP MỐC CẦU	15	6	433	0	608	36.484	1.434	50.517	
1	16	6	46230	3	430	277.380	1.576	437.799	CHỒNG NỘI
2	12	22	45900	3	320	1009.800	0.888	896.515	CHỒNG NỘI
3	12	36	4945	0	390	178.020	0.888	158.049	
4	12	281	4198	0	390	1179.638	0.888	1047.299	
5	12	281	2287	0	390	642.647	0.888	570.551	
6	12	281	1568	0	390	440.946	0.888	390.679	
7	12	50	4022	0	390	230.100	0.888	204.236	
7a	12	20	4274	0	390	85.480	0.888	75.890	BIÊN THIÊN
8	12	140	629	0	390	116.060	0.888	103.040	
9	6	16	532	0	240	8.512	0.222	1.889	
10	6	126	216	0	240	27.216	0.222	6.041	
L1	12	14	1782	0	390	24.948	0.888	22.149	
L1a	12	4	1884	0	390	7.536	0.888	6.691	
L2	12	16	104	0	390	1.664	0.888	1.477	
L3	12	6	884	0	390	5.304	0.888	4.709	
L4	12	62	468	0	390	29.076	0.888	25.761	
L4a	12	2	364	0	390	0.728	0.888	0.646	
T2	16	12	402	0	390	4.824	1.576	7.614	
X1	6	2	2565	0	240	6.110	0.222	1.134	
TỔNG:		1385				4306.493		4012.735	

Xuất bảng khối lượng bê tông và cốt thép từ mô hình BIM (Bảng 1) theo ba bước như sau:

- Bước 1. Tạo bảng khối lượng (Schedules/Quantities): Sử dụng công cụ "Schedules/Quantities" trong phần mềm BIM (như Revit) để thiết lập bảng khối lượng. Quá trình này bao gồm việc lựa chọn loại vật liệu (bê tông, cốt thép) và các thông số kỹ thuật cần trích xuất, chẳng hạn như khối lượng, chiều dài hoặc đường kính.
- Bước 2. Tùy chỉnh bảng khối lượng: Điều chỉnh các trường dữ liệu phù hợp với yêu cầu dự án để đảm bảo tính chính xác và khả năng sử dụng. Loại bỏ hoặc thêm thông tin cần thiết để phục vụ cho các mục đích cụ thể.
- Bước 3. Xuất bảng khối lượng ra Excel: Sử dụng tính năng xuất dữ liệu ("Export") để chuyển bảng khối lượng từ phần mềm BIM sang định dạng Excel. Đảm bảo rằng dữ liệu xuất ra được kiểm tra kỹ lưỡng về độ đầy đủ và chính xác.

### 2.4. Phương pháp ứng dụng mô hình BIM phục vụ quá trình chế tạo, vận chuyển và lắp đặt dầm

Ứng dụng mô hình BIM phục vụ quá trình chế tạo, vận chuyển và lắp đặt dầm bao gồm 3 bước: (1) Xây dựng mô hình BIM; (2) Mô phỏng quá trình chế tạo; (3) Mô phỏng quá trình vận chuyển và lắp đặt dầm.

#### \* Xây dựng mô hình BIM:

- Tạo mô hình BIM chi tiết với đầy đủ thông tin kỹ thuật để phục vụ sản xuất.
- Phát hiện và kiểm tra xung đột thiết kế nhằm tối ưu hóa quy trình chế tạo.
- Chuẩn bị tài liệu chế tạo bao gồm bản vẽ 2D, 3D, bảng khối lượng bê tông và cốt thép trích xuất từ mô hình.
- Truyền tải dữ liệu đến hệ thống sản xuất bằng các định dạng chuẩn như IFC hoặc DWG/DXF.

#### \* Mô phỏng quá trình chế tạo (Hình 2):

- Xây dựng mô hình 4D: Kết hợp thông tin thời gian vào mô hình để xác định thời gian gia công cho từng thành phần và lập kế hoạch sản xuất chi tiết.
- Tích hợp tiến độ sản xuất: Sử dụng phần mềm như Navisworks để đồng bộ lịch trình sản xuất với mô hình BIM, lập biểu đồ tiến độ và minh họa các giai đoạn từ chuẩn bị đến hoàn thiện.
- Mô phỏng dây chuyền sản xuất: Mô hình hóa quy trình tại nhà máy, bao gồm đổ bê tông, lắp ráp cốt thép, hoàn thiện cấu kiện, đồng thời sử dụng hình ảnh động để mô phỏng hoạt động sản xuất.



Hình 2. Mô phỏng quá trình chế tạo và vận chuyển dầm

Mô phỏng quá trình vận chuyển và lắp đặt dầm (Hình 2):

- Xây dựng mô hình 4D cho vận chuyển: Mô phỏng phương tiện vận chuyển với thông số kỹ thuật về tải trọng, kích thước và khả năng vận hành, đồng thời xác định thời gian di chuyển và lắp đặt tại công trường.
- Tích hợp tiến độ vận chuyển và lắp đặt: Lập kế hoạch vận chuyển, lắp đặt bằng phần mềm quản lý tiến độ như Primavera hoặc Microsoft Project, sau đó tích hợp vào mô hình BIM để tối ưu hóa nguồn lực.
- Mô phỏng vận chuyển và lắp đặt: Tạo hình ảnh động minh họa quá trình vận chuyển và lắp đặt, trình bày trực quan quy trình và đảm bảo tính an toàn, hiệu quả bằng phần mềm như Navisworks hoặc Synchro.

### 2.5. Phương pháp ứng dụng BIM hỗ trợ công tác tiếp thị

BIM là công cụ quan trọng trong tiếp thị nhờ khả năng trực quan hóa và quản lý toàn diện vòng đời cấu kiện BTCT. Ứng dụng BIM trong tiếp thị giúp minh bạch thông tin, nâng cao trải nghiệm khách hàng và tối ưu hóa quy trình từ thiết kế đến vận hành.

- Thiết kế: BIM hỗ trợ tạo bản vẽ kỹ thuật và mô hình 3D chi tiết, giúp khách hàng dễ dàng hình dung cấu trúc và thông số kỹ thuật của dầm, đồng thời cung cấp nhiều phương án thiết kế và mô phỏng trực quan để khách hàng đánh giá và lựa chọn.
- Sản xuất: BIM mô phỏng quy trình chế tạo tại nhà máy, bao gồm đổ bê tông, lắp ráp cốt thép và kiểm tra chất lượng, giúp minh bạch thông tin. Ngoài ra, BIM cung cấp chi tiết vật liệu, khối lượng và tiêu chuẩn kỹ thuật, tăng độ tin cậy với khách hàng.
- Vận chuyển: BIM tạo hình ảnh hoặc mô phỏng 3D tuyến đường vận chuyển, giúp khách hàng dễ dàng hình dung phương thức vận chuyển từ nhà máy đến công trường. Hơn nữa, tích hợp dữ liệu thời gian (4D) vào mô hình giúp mô phỏng lịch trình vận chuyển chi tiết.
- Lắp đặt: Sử dụng hoạt cảnh mô phỏng quá trình lắp đặt, bao gồm vận hành cần cẩu và thiết bị hỗ trợ, nhấn mạnh tính an toàn và hiệu quả. Điều này giúp khách hàng hiểu rõ quy trình thi công

và tăng mức độ tin tưởng.

- Bảo trì: BIM gắn thông tin bảo trì vào mô hình, bao gồm lịch trình bảo dưỡng, chi tiết bộ phận và hướng dẫn sửa chữa. Nhờ đó, khách hàng có thể quản lý toàn bộ vòng đời cấu kiện, nâng cao hiệu suất và tuổi thọ sản phẩm.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả mô hình BIM, bản vẽ 2D, 3D và bảng khối lượng dầm I33 như Hình 1, Hình 2 và Bảng 1. Ứng dụng BIM mang lại hai kết quả chính là tối ưu hóa quy trình sản xuất và cải thiện hiệu quả công tác tiếp thị.

#### 3.1. Tối ưu hóa quy trình sản xuất thông qua ứng dụng BIM

Quy trình sản xuất dầm I33 thông qua ứng dụng BIM mang lại các hiệu quả đáng ghi nhận như sau:

- BIM tiết kiệm thời gian trong thiết kế nhờ tích hợp mô hình 3D thống nhất, giúp các bộ môn phối hợp hiệu quả, dễ dàng nhận diện và xử lý xung đột từ giai đoạn đầu. Ngoài ra, BIM tự động hóa các công việc như tạo bản vẽ, bóc tách khối lượng và kết hợp tiến độ (4D), mang lại khả năng mô phỏng trực quan và tối ưu hóa quy trình thi công.

- BIM giúp tiết kiệm chi phí sản xuất nhờ khả năng tính toán tự động và chính xác các chi phí về vật liệu, nhân công và thiết bị ngay từ giai đoạn thiết kế, giảm rủi ro phát sinh chi phí ngoài kế hoạch. Đồng thời, BIM giảm sai sót trong dự toán thông qua việc bóc tách khối lượng và xác định vật liệu chính xác, từ đó tối ưu hóa nguồn lực và ngân sách.

- BIM hỗ trợ mô phỏng chi tiết các bước lắp đặt, giúp công nhân và kỹ sư hiểu rõ quy trình và thực hiện nhanh chóng. Đồng thời, lập kế hoạch thi công chi tiết với BIM giảm thiểu thời gian chờ đợi và điều chỉnh, nâng cao hiệu quả thi công.

- BIM lưu trữ đầy đủ thông tin về lịch bảo trì, chi tiết cấu kiện và hướng dẫn sửa chữa, giúp chủ sở hữu dễ dàng truy xuất và quản lý thông tin trong suốt vòng đời công trình. Nhờ đó, các vấn đề bảo trì được xử lý nhanh chóng, giảm thiểu chi phí và thời gian trong dài hạn.

#### 3.2. Cải thiện hiệu quả công tác tiếp thị

Công tác tiếp thị đã cho thấy hiệu quả trong công tác tiếp thị các sản phẩm, bao gồm:

- BIM tạo ra mô hình 3D chi tiết và mô phỏng toàn bộ quy trình sản xuất, từ chế tạo tại nhà máy đến vận chuyển, giúp khách hàng hình dung rõ ràng sản phẩm và đảm bảo chất lượng. Ngoài ra, BIM tích hợp thông tin vận chuyển và mô phỏng lắp đặt, tối ưu hóa lộ trình, phương tiện và phương pháp, mang lại sự an toàn và hiệu quả cao.

- BIM hỗ trợ tiếp thị hiệu quả thông qua hình ảnh và video render 3D chi tiết, giúp khách hàng đánh giá tính thẩm mỹ và chất lượng sản phẩm trong môi trường thực tế. Công nghệ VR và AR mang lại trải nghiệm tương tác sống động, cho phép khách hàng khám phá cấu trúc và quy trình sản xuất trong không gian thực. Ngoài ra, BIM tự động tạo báo cáo kỹ thuật với đầy đủ thông số, hỗ trợ minh bạch thông tin và giúp khách hàng dễ dàng ra quyết định.

- BIM hỗ trợ lập kế hoạch vận chuyển và lắp đặt bằng cách tối ưu hóa lộ trình, quản lý vật liệu, mô phỏng quy trình lắp đặt và tính toán tải trọng, đảm bảo an toàn và hiệu quả. Ngoài ra, BIM giúp phát hiện xung đột, dự báo rủi ro và xây dựng các kịch bản thay thế, giảm thiểu sai sót và chi phí phát sinh.

### 4. KẾT LUẬN

Ứng dụng BIM cải thiện quy trình sản xuất thông qua việc tiết kiệm thời gian thiết kế nhờ làm việc trực tiếp trên mô hình 3D, tự động hóa các công việc thủ công, phát hiện xung đột sớm và mô phỏng tiến độ (4D), giúp tối ưu hóa phối hợp và nâng cao năng suất. Đồng thời, BIM giảm chi phí sản xuất, sửa chữa, bảo trì nhờ khả năng tính toán chi phí chính xác, bóc tách khối lượng, lưu trữ thông tin bảo trì chi tiết và hỗ trợ lập kế hoạch thi công hiệu quả, từ đó tối ưu hóa nguồn lực và ngân sách.

Ứng dụng BIM trong tiếp thị mang lại lợi ích lớn nhờ khả năng trực quan hóa bằng các mô phỏng và hình ảnh 3D chi tiết, giúp khách hàng dễ dàng hiểu cấu trúc và chức năng của sản phẩm, đồng thời cung cấp thông tin minh bạch về kích thước, vật liệu và tiêu chuẩn kỹ thuật. Ngoài ra, BIM tăng cường tính cạnh tranh, thúc đẩy sự tương tác với khách hàng và tối ưu hóa chi phí cũng như thời gian trong các hoạt động tiếp thị, góp phần nâng cao hình ảnh thương hiệu và sự hài lòng của khách hàng.

BIM có tiềm năng ứng dụng để thiết kế, quản lý chế tạo, lắp đặt và hỗ trợ tiếp thị cho tất cả các cấu kiện đúc sẵn như cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa. Với khả năng phát triển của công nghệ, tích hợp BIM với AI và IoT là lĩnh vực hứa hẹn cho công tác tự động hóa chế tạo các cấu kiện BTCT trong công xưởng như uốn thép, chế tạo ván khuôn, căng kéo dự ứng lực.

**Lời cảm ơn:** Cảm ơn Công ty Cổ phần Bê tông 620 Châu Thới đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chính phủ (2023), Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 về Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng.
- [2]. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 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.
- [3]. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 Công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM).
- [4]. T.N. Thanh, T.D. Minh, T.H. Xuan (2020), Overview of BIM application for bridge-highway and infrastructure projects in Viet Nam, Tạp chí Khoa học GTVT, 71 (7), 760-774, <https://doi.org/10.47869/tcsj.71.7.3>.
- [5]. M.C. Georgiadou (2019), An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects, Construction Innovation, 19 (3), 298-320, <http://dx.doi.org/10.1108/CI-04-2017-0030>.
- [6]. Huynh Xuan Tin, Nguyen Quoc Chuong, Vo Phu Toan, Do Minh Truyen, Nguyen Trung Giang and Nguyen Xuan Viet (2020), 550 - Binh Duong overpass using Building Information Modeling, International conference on Application of Artificial Intelligence in Transportation.
- [7]. Wenping Liu, Hongling Guo, Heng Li and Yan Li (2014), Using BIM to Improve the Design and Construction of Bridge Projects: A Case Study of a Long-span Steel-box Arch Bridge Project, Int J Adv Robot Syst, DOI:10.5772/58442.
- [8]. Yan, Y. & Xianzhong, W. (2017), Research and application of BIM technology in the design of prefabricated and assembled concrete structures, Agro Food Industry Hi-Tech, 28, 542-546.
- [9]. Pérez, C. T., & Bastos Costa, D. (2021), Increasing production efficiency through the reduction of transportation activities and time using 4D BIM simulations, Engineering, Construction and Architectural Management, 28(8), 2222-2247.