

Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong thiết kế hạ tầng đô thị

Application of Building information modeling in Urban infrastructure design

> TRẦN QUANG DUY^{1*}, TRẦN NGUYỄN NAM TRƯỜNG²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Nha Trang; *Email: duy@ntu.edu.vn

²Công ty Cổ phần Tư vấn T27

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu áp dụng mô hình thông tin công trình để tối ưu hóa quá trình thiết kế hạ tầng khu đô thị. Mục đích nghiên cứu tăng cường hiệu quả giai đoạn thiết kế thông qua đánh giá phương án thiết kế, trực quan hóa mô hình thông tin công trình và kiểm tra xung đột hạng mục công trình. Trong nghiên cứu này, phần mềm ADScivil được chọn làm công cụ chính để thiết kế và xây dựng mô hình thông tin công trình. Đầu tiên, nhóm tác giả tiến hành xem xét nội dung và phạm vi của mô hình thông tin công trình trong dự án hạ tầng. Sau đó, nhóm tác giả xác định phương án thiết kế tuyến và đánh giá hiệu quả vận hành thông qua mô phỏng giao thông bằng phần mềm VISSIM. Tiếp theo, các hạng mục công trình được thiết kế chi tiết, xây dựng mô hình thông tin công trình và kiểm tra xung đột các hạng mục dự án. Cuối cùng, nhóm tác giả hoàn thiện mô hình dự án và trích xuất bản vẽ của hồ sơ thiết kế. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình đề xuất đã giúp đánh giá hiệu quả phương án tuyến, xử lý sớm các xung đột trong thiết kế để hạn chế điều chỉnh trong quá trình thi công và kết nối bên liên quan thông qua mô hình trực quan. Mô hình thông tin công trình đóng vai trò như một công cụ tích hợp mạnh mẽ, hỗ trợ trực quan hóa công trình và quản lý thông tin, góp phần thúc đẩy quá trình số hóa ngành Xây dựng.

Từ khóa: Mô hình thông tin công trình BIM, đô thị bền vững, thiết kế hạ tầng, mô hình 3D, kiểm tra xung đột.

ABSTRACT

This study applies Building Information Modeling to optimize the infrastructure design process in urban areas. It aims to improve the efficiency of the design phase by evaluating alternatives, visualizing models, and detecting potential conflicts among project components. The research uses ADScivil software as the main tool for infrastructure design and Building Information Modeling development. First, the scope and content of Building Information Modeling applications in infrastructure projects are defined. Next, the design alignment is proposed and evaluated using VISSIM traffic simulation to assess operational performance. Then, the team develops detailed designs, builds the Building Information Modeling models, and performs conflict checks. Finally, the completed project model is used to generate construction drawings. The results show that the proposed approach enhances design evaluation, enables early conflict detection, and strengthens stakeholder collaboration through visualized models. Building Information Modeling proves to be a powerful integrative tool for project visualization and information management, contributing significantly to the digital transformation of the construction industry.

Keywords: Building information modeling BIM, sustainable urbanism, infrastructure design, 3D modeling, clash checking.

1. GIỚI THIỆU

Xu hướng đô thị hóa nhanh chóng trên toàn cầu đang tạo ra những thách thức đáng kể cho việc quy hoạch và phát triển cơ sở hạ tầng đô thị. Để ứng phó vấn đề này, nhiều quốc gia phát triển ngày càng áp dụng các công nghệ tiên tiến để nâng cao chất lượng và hiệu quả của dự án. Trong đó, mô hình thông tin xây dựng (Building Information Modeling - BIM) đã và đang khẳng định là một giải pháp chiến lược hỗ trợ suốt vòng đời dự án, từ ý tưởng, thiết kế, xây dựng và vận hành dài hạn [1,2]. Ban đầu bắt nguồn từ kỹ thuật xây dựng, BIM đã mở rộng phạm vi của mình, nắm vai trò then chốt trong quá trình phát triển các hệ thống hạ tầng kỹ thuật như giao thông [3,4].

Tại Việt Nam, việc áp dụng BIM được thực hiện theo lộ trình ba bước. Bước 1 là giai đoạn thử nghiệm tính từ năm 2016. Bước 2 là giai đoạn thúc đẩy sử dụng BIM rộng rãi hơn từ năm 2021 [5]. Bước 3 là yêu cầu ứng dụng BIM cho các dự án cấp 1 từ năm 2023 [6]. Hiện nay, nhu cầu phát triển các khu đô thị mới theo hướng hiện đại và đồng bộ ngày càng gia tăng, đặc biệt tại các trung tâm đô thị quy mô lớn như Thủ đô Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM. Mặc dù vậy, việc triển khai mô hình BIM trong quá trình thiết kế hệ thống hạ tầng đô thị vẫn còn tồn tại không ít hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu là do kinh nghiệm thực tiễn còn ít, khung pháp lý chưa hoàn thiện, và dữ liệu thiết kế chưa được đồng bộ [7,8]. Mặc dù đã có một số dự án thí điểm ứng dụng BIM, nhưng phần lớn chỉ tập trung vào công trình

dân dụng. Các hạng mục hạ tầng như giao thông nội bộ, cấp thoát nước và cảnh quan vẫn chủ yếu được triển khai theo phương pháp truyền thống, thiếu tính tích hợp và khả năng trực quan hóa [9].

Gần đây, mô phỏng giao thông đã chứng minh là một công cụ hữu hiệu trong việc đánh giá và mô hình các hệ thống giao thông. Thông qua việc xây dựng các kịch bản khác nhau và đánh giá các giải pháp đề xuất, mô phỏng giúp xác định phương án tối ưu, vượt trội hơn so với các phương pháp truyền thống về mặt hiệu quả. Đồng thời, công cụ mô phỏng còn hỗ trợ giảm chi phí và cải thiện khả năng điều phối giao thông bằng cách phân tích nhiều tình huống dưới các điều kiện cụ thể. Hiện nay có nhiều phần mềm mô phỏng được sử dụng rộng rãi như VISSIM [10] và SUMO [11]. Việc lựa chọn ứng dụng phù hợp với nghiên cứu của mình là vấn đề khó khăn cho các nhà nghiên cứu [12]. Trong đó, VISSIM được ứng dụng phổ biến trong điều kiện thực tế nhờ khả năng mô phỏng đa dạng các loại hình giao thông như ô tô, xe máy, xe buýt, xe tải, xe đạp và người đi bộ. Ngoài ra, phần mềm còn hỗ trợ mô phỏng linh hoạt trên nhiều địa hình và mạng lưới giao thông khác nhau. Cụ thể, tác giả Duy và Hiền đã sử dụng VISSIM để mô phỏng giao thông hai bánh tại Việt Nam và cho thấy ưu việt hơn so với các phương pháp cũ [13]. Dựa vào khả năng mô phỏng đa dạng phù hợp với điều kiện nước ta, nghiên cứu lựa chọn VISSIM là công cụ mô hình cho dự án.

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, công tác quản lý và thiết kế giao thông không ngừng cải tiến. Các bài toán phức tạp tại các nút giao thông và các tuyến đường giao nhau được giải quyết thông qua mô phỏng và phân tích kịch bản dựa trên mạng lưới giao thông thực tế. Ngoài các phần mềm thiết kế chuyên dụng như Nova, AutoCAD, InfraWorks, Civil 3D..., các công cụ mô phỏng giao thông ngày càng đóng vai trò quan trọng đối với phát triển hạ tầng giao thông. Trong bối cảnh đó, việc tích hợp mô hình BIM với các phần mềm chuyên dụng trong thiết kế và mô phỏng hạ tầng kỹ thuật được xem là một hướng tiếp cận tiềm năng.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu ứng dụng mô hình BIM để tối ưu hóa quá trình thiết kế hạ tầng đô thị thông qua việc mô hình tích hợp ADScivil - VISSIM - Twinmotion. Để đạt được mục tiêu, trước hết chúng ta đề xuất ý tưởng thiết kế cho dự án giao thông bằng phần mềm ADScivil. Thứ hai, nhóm tác giả xây dựng mô hình và mô phỏng mạng lưới đường bằng phần mềm VISSIM. Mục đích của bước này là đánh giá hiệu quả của dự án trong tương lai. Thứ ba, nghiên cứu thiết kế chi tiết phương án tối ưu bằng phần mềm ADScivil bao gồm mạng lưới đường, nút giao thông, hệ thống thoát nước, cây xanh và chiếu sáng. Cuối cùng, mô hình ba chiều (3D) được xuất qua phần mềm Twinmotion để dựng hoạt cảnh dự án. Đóng góp chính của nghiên cứu như sau.

- Đề xuất tích hợp ba công cụ ADScivil, VISSIM và Twinmotion nhằm xây dựng mô hình BIM 3D phục vụ cho giai đoạn hình thành ý tưởng, thiết kế và xây dựng công trình hạ tầng đô thị. Cách tiếp cận này góp phần nâng cao hiệu quả thiết kế cũng như tạo điều kiện thuận lợi cho sự phối hợp của các bên liên quan;

- Mô phỏng VISSIM giúp đánh giá phương án tối ưu trước khi thiết kế chi tiết. Bên cạnh đó, kiểm tra và xử lý xung đột bằng phần mềm ADScivil BIM hạn chế điều chỉnh trong quá trình thi công dự án;

- Mô hình đề xuất đã áp dụng thực nghiệm cho một khu đô thị mới và đã chứng minh được hiệu quả trong việc nâng cao hiệu quả công tác thiết kế và diễn họa trực quan công trình.

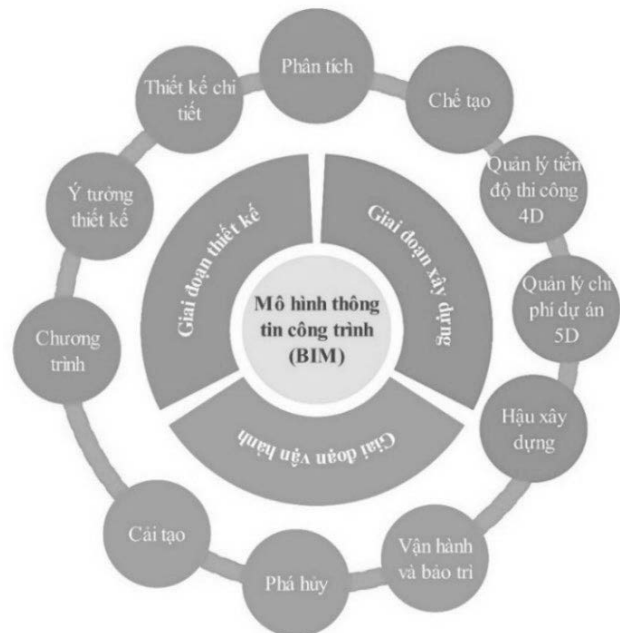
Phần còn lại của nghiên cứu được cấu trúc như sau. Phần "Phương pháp luận" giới thiệu mô hình lai ADScivil - VISSIM - Twinmotion. Phần "Nghiên cứu thực nghiệm" giới thiệu dự án, trình bày nội dung, phần mềm và sản phẩm BIM cho dự án. Phần "Kết quả và thảo luận" đánh giá ý tưởng thiết kế đề xuất, thiết kế phương án tối ưu, xây dựng mô hình BIM cho dự án, xem xét các xung đột giữa

các hạng mục công trình và diễn họa trực quan dự án. Cuối cùng, Phần "Kết luận" tóm tắt các phát hiện và đưa ra các khuyến nghị cho nghiên cứu trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

2.1. Tổng quan về mô hình thông tin công trình (BIM)

BIM là quá trình ứng dụng công nghệ thông tin để chuyển đổi các dữ liệu liên quan đến công trình xây dựng sang dạng số hoá, được mô phỏng dưới dạng mô hình ba chiều. Mô hình này đóng vai trò hỗ trợ xuyên suốt trong các giai đoạn từ thiết kế, thi công đến quản lý và vận hành công trình [14]. Trong ngành Xây dựng, việc ứng dụng BIM thường được triển khai thông qua một quy trình hợp tác liên ngành, đòi hỏi sự tham gia tích cực của các bên liên quan như đơn vị tư vấn BIM, chủ đầu tư, nhà thầu thi công và cơ quan quản lý, vận hành công trình (Hình 1). Chuỗi hoạt động triển khai thường trải qua các giai đoạn chính gồm thiết kế, thi công và khai thác vận hành. Đặc biệt, việc tối ưu hóa giai đoạn thiết kế đóng vai trò then chốt trong việc hạn chế xung đột kỹ thuật giữa các hạng mục và kiểm chứng hiệu quả phương án nhằm góp phần hạn chế điều chỉnh khi thi công thực tế.



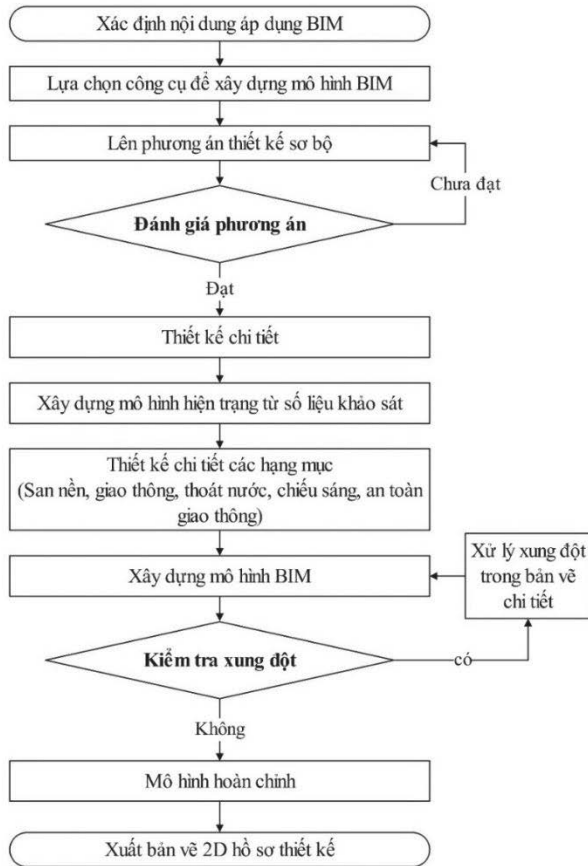
Hình 1. Ứng dụng BIM trong xây dựng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu đề xuất

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành xây dựng quy trình thực hiện với các bước chính bao gồm: xác định phạm vi ứng dụng BIM, lựa chọn phần mềm phù hợp để phát triển mô hình, xác định các phương án tuyến, phân tích và lựa chọn phương án tối ưu, tiến hành thiết kế chi tiết, phát triển mô hình BIM, kiểm tra và chạm giữa các hạng mục, hoàn thiện mô hình 3D và trích xuất bản vẽ hai chiều (2D) (Hình 2). Quy trình này đóng vai trò nền tảng trong việc định hình phương pháp ứng dụng BIM trong các dự án hạ tầng giao thông, đồng thời góp phần nâng cao chất lượng và hiệu quả của công tác thiết kế [14].

VISSIM là phần mềm mô phỏng giao thông vì mô được phát triển bởi hãng PTV, đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích và đánh giá các dòng xe trên mạng lưới giao thông. Phần mềm cho phép người dùng xây dựng các mạng lưới giao thông phức tạp. Với giao diện thân thiện và khả năng phân tích nâng cao, VISSIM hỗ trợ hiệu quả cho việc tối ưu hóa các chiến lược quản lý giao thông và thiết kế hạ tầng.

Một trong những thế mạnh nổi bật của VISSIM là khả năng mô phỏng giao thông ở cấp độ vi mô dựa trên mô hình xe theo xe, phù hợp với các mạng lưới quy mô nhỏ đến trung bình. Mô hình xe theo xe của Wiedemann, được tích hợp trong VISSIM, giả định rằng khi một phương tiện đang di chuyển nhanh tiếp cận một phương tiện chậm hơn phía trước, nó sẽ tự động giảm tốc để duy trì khoảng cách an toàn [15].



Hình 2. Phương pháp nghiên cứu đề xuất

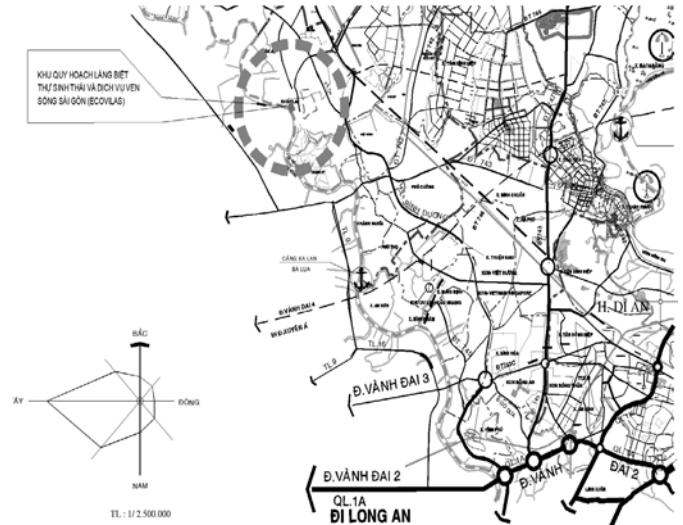
Phần mềm ADScivil là công cụ thiết kế đường giao thông có giao diện thân thiện với người dùng, được phát triển trên nền tảng kế thừa các ưu điểm nổi bật của phần mềm Civil 3D. ADScivil đáp ứng hầu hết các yêu cầu thiết kế hạ tầng hiện nay, đặc biệt chú trọng vào việc cung cấp các giải pháp thiết kế tối ưu với giao diện trực quan, dễ sử dụng và tích hợp nhiều chức năng hỗ trợ như thiết kế lại tuyến, trích xuất và trình bày bản vẽ thi công. Phần mềm này cho phép xây dựng một quy trình trao đổi dữ liệu khép kín, đảm bảo tính nhất quán, chính xác và hợp lý trong tính toán, từ đó giúp tiết kiệm tối đa thời gian trong toàn bộ quy trình thiết kế. Nhóm tác giả sử dụng phần mềm ADScivil để nhập dữ liệu khảo sát, thiết kế và xây dựng mô hình 3D cho dự án. Điểm nổi bật của ADScivil là khả năng thiết kế linh hoạt và quản lý dữ liệu hiệu quả; trong khi đó, ADScivil BIM thể hiện ưu thế vượt trội trong việc tạo lập các mô hình 3D trực quan, sinh động, đáp ứng tốt yêu cầu thể hiện thị giác cao của các dự án hạ tầng giao thông.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Giới thiệu về dự án

Dự án đầu tư xây dựng công trình Làng biệt thự sinh thái và dịch vụ ven sông Sài Gòn thuộc chương trình đầu tư các hạng mục hạ tầng kỹ thuật chính trong khu vực của công trình của tỉnh Bình Dương. Vị trí dự án cách quốc lộ 13 khoảng 2 km về hướng Đông,

cách thị xã Thủ Dầu Một khoảng 4,5 km về hướng Đông Nam và thị trấn Dĩ An khoảng 19 km (Hình 3). Hồ sơ thiết kế cơ sở các hạng mục: san nền, đường giao thông, thoát nước mưa, thoát nước thải, chiếu sáng, cây xanh,...



Hình 3. Vị trí dự án thực nghiệm

Phạm vi khuôn viên san lấp là khu đất quy hoạch xây dựng có tổng diện tích 89.923,77 m². Khu vực quy hoạch có nền hiện trạng thấp với nhiều ao hồ và hệ thống kênh rạch bao quanh. Hệ thống thoát nước chọn cho dự án là hệ thống thoát nước riêng, kết hợp giữa nước mưa và nước thải. Toàn bộ nước thải được thu gom đưa về trạm xử lý nước thải, sau xử lý mới xả vào hệ thống thoát nước mưa, thoát ra sông Sài Gòn và các rạch xung quanh. Hướng thoát nước về sông Sài Gòn và các rạch xung quanh.

Các tuyến đường của dự án được thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 13592:2022 Đường đô thị - yêu cầu thiết kế, thuộc loại đường phố nội bộ chính đô thị loại II (địa hình đồng bằng) với tốc độ thiết kế là 40 km/h [16]. Đường kết nối dự án với đường Lê Chí Dân với mặt đường rộng 9 m, vỉa hè hai bên rộng 5 m x 2, lộ giới là 19 m. Giao thông nội bộ được thể hiện Bảng 1.

Bảng 1. Thông số chi tiết mặt cắt ngang giao thông nội bộ khu đô thị

Tên đường	Mặt đường (m)	Vỉa hè (m)	Lộ giới (m)
Đường số 1	9	5.0 x 2	19
Đường số 2	10.5	6.0 + 4.5	21
Đường số 3	8	3.0 x 2	14
Đường số 4	8	3.0 x 2	14
Đường số 5	6	3.0 x 2	12
Đường số 6	6	3.0 x 2	12
Đường số 7	6	3.0 x 2	12
Đường số 8	6	3.0 + 1.0	10

3.2. Mục tiêu và nội dung áp dụng BIM cho dự án

Việc ứng dụng BIM vào các giai đoạn thiết kế của dự án hạ tầng khu đô thị góp phần tối ưu hóa quy trình thiết kế, rút ngắn thời gian thực hiện, giảm thiểu chi phí phát sinh trong thi công, đồng thời nâng cao hiệu quả quản lý và tăng cường tính liên kết, đồng bộ giữa các chủ thể tham gia trong suốt quá trình phát triển và vận hành dự án.

Nội dung ứng dụng BIM trong quá trình thiết kế được thể hiện tương ứng với các mục tiêu của dự án, được thể hiện ở Bảng 2. Bên cạnh đó, các phần mềm ứng dụng trong nghiên cứu cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 2. Mục tiêu và nội dung ứng dụng BIM

STT	Mục tiêu ứng dụng BIM cho dự án	Nội dung ứng dụng BIM
1	Nâng cao tính chính xác trong thiết kế	- Ứng dụng BIM trong thiết kế công trình - Đánh giá phương án tuyến bằng mô phỏng
2	Giảm thời gian và chi phí phát sinh trong quá trình thi công	- Đánh giá phương án thiết kế - Kiểm tra và xử lý xung đột các hạng mục - Phối cảnh 3D
3	Nâng cao hiệu quả quản lý và phối hợp giữa các bên liên quan	- Xây dựng phối cảnh 3D dựa trên nền tảng thiết kế 2D - Xây dựng hoạt cảnh để trực quan hóa dự án

Bảng 3. Phần mềm áp dụng trong dự án

STT	Mục tiêu áp dụng	Phần mềm ứng dụng
1	Kiểm chứng phương án thiết kế	VISSIM
2	Thiết kế san nền	ADSCivil level
3	Thiết kế thoát nước	ADSCivil sewer
4	Thiết kế tuyến	ADSCivil road design
5	Thiết kế nút giao	ADSCivil intersection
6	Tạo mô hình	Revit/ADSCivil BIM
7	Phối cảnh 3D	ADSCivil BIM
8	Kiểm tra xung đột	ADSCivil BIM
9	Quản lý mô hình BIM	ADSCivil BIM
10	Hoạt cảnh dự án	Twinmotion

3.3. Sản phẩm đầu ra từ BIM

Nhờ thực hiện trực tiếp trên nền tảng phần mềm mô hình hóa BIM, quá trình thiết kế và tạo lập mô hình không những được tối ưu hóa mà còn cho phép trích xuất bản vẽ kỹ thuật một cách tự động và nhất quán từ mô hình số. Các thành phần như ghi chú chung và bảng ký hiệu có thể được tích hợp thông qua liên kết với bản vẽ Autocad 2D. Toàn bộ bản vẽ 2D bắt buộc tuân thủ đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật về thể hiện bản vẽ theo tiêu chuẩn hiện hành của chủ đầu tư, bao gồm quy định về đường nét, loại nét và hệ thống lớp (layer), nhằm đảm bảo tính thống nhất và khả năng khai thác thông tin trong toàn bộ dự án. Ngoài ra, các dụng hình 3D tổng thể và chi tiết của dự án hỗ trợ quá trình quản lý và thi công của dự án.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kiểm chứng phương án thiết kế đề xuất

Để đánh giá hiệu quả hoạt động của phương án thiết kế giao thông sau khi mô hình hạ tầng được xây dựng trên nền tảng BIM, nghiên cứu sử dụng phần mềm mô phỏng giao thông VISSIM nhằm phân tích các chỉ tiêu vận hành như lưu lượng, tốc độ, mật độ và độ trễ của mạng lưới đường. Mô hình giao thông được xây dựng dựa trên cấu trúc hình học và tổ chức giao thông từ kết quả thiết kế của phần mềm ADScivil BIM, đồng thời hiệu chỉnh các tham số theo điều kiện thực tế và đặc điểm lưu lượng dự báo. Quy trình tích hợp dữ liệu từ mô hình thiết kế hạ tầng trong phần mềm ADScivil BIM sang môi trường mô phỏng giao thông VISSIM được thực hiện qua hai bước chính: (1) trích xuất dữ liệu mạng lưới đường sang dạng ảnh và đưa vào phần mềm VISSIM; (2) nhập dữ liệu này vào phần mềm VISSIM và hiệu chỉnh các thuộc tính về vận tốc thiết kế, lưu lượng giao thông, điều khiển tín hiệu và hành vi người lái; (3) chạy mô hình và trích xuất dữ liệu thời gian trễ để đánh giá kết quả mô hình.

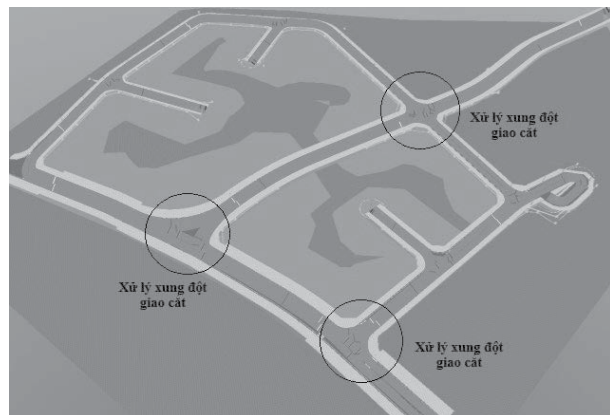
Dữ liệu lưu lượng được xác định theo lưu lượng xe dự báo năm thiết kế của đơn vị tư vấn dự án (Bảng 4). Sau đó, nghiên cứu tiến

hành tạo các hướng di chuyển và xử lý các xung đột giao cắt của mô hình tại vị trí các nút giao thông (Hình 4).

Để kiểm chứng kết quả đầu ra của mô phỏng giao thông theo lưu lượng xe dự báo năm thiết kế, mức độ phục vụ (level of service) được áp dụng để đánh giá định tính điều kiện hoạt động giao thông. Theo số tay năng lực đường cao tốc, mức phục vụ được xếp loại từ A đến F, tương ứng với trạng thái dòng xe từ tự do đến tắc nghẽn [17]. Bên cạnh đó, nghiên cứu xem xét mức phục vụ đáp ứng yêu cầu cấp đường và vận tốc thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 13592: 2022 đường đô thị - yêu cầu thiết kế. Đối với đường phố nội bộ có tốc độ thiết kế 40 km/h, mức phục vụ D đánh giá là đáp ứng yêu cầu [16]. Kết quả mô phỏng cho thấy thời gian trễ trung bình của toàn mạng lưới giao thông đạt 16,63 giây, nằm trong giới hạn của mức phục vụ C [17]. Ngoài ra, việc đạt được mức phục vụ C khẳng định tính hợp lý và khả thi của giải pháp so với yêu cầu mức phục vụ D của cấp đường thiết kế. Từ đó, kết quả thực nghiệm cho thấy phương án tuyến được đề xuất đáp ứng nhu cầu giao thông về mức độ phục vụ. Vì vậy, việc tích hợp mô phỏng VISSIM trong giai đoạn đánh giá không chỉ giúp kiểm chứng hiệu quả vận hành trước khi triển khai thực tế, mà còn đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ ra quyết định, góp phần nâng cao độ tin cậy và chất lượng của quá trình thiết kế hạ tầng giao thông đô thị.

Bảng 4. Lưu lượng dự báo năm cuối thiết kế khu đô thị

Loại xe	Lưu lượng xe 2 chiều n_i (xe/n.đêm)	Lưu lượng xe 2 chiều xe/giờ
Xe hai bánh:	500	50
Xe con các loại:	1100	110
Xe buýt các loại:		
+ Loại nhỏ	420	42
+ Loại lớn	131	13
Xe tải các loại:		
+ Tải nhẹ	422	42
+ Tải vừa	478	48
+ Tải nặng 1	272	27
+ Tải nặng 2	53	5

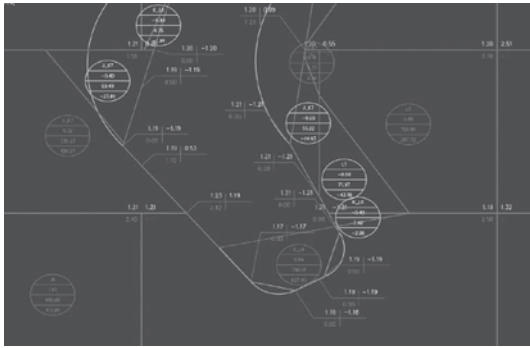


Hình 4. Xử lý xung đột giao cắt nút giao

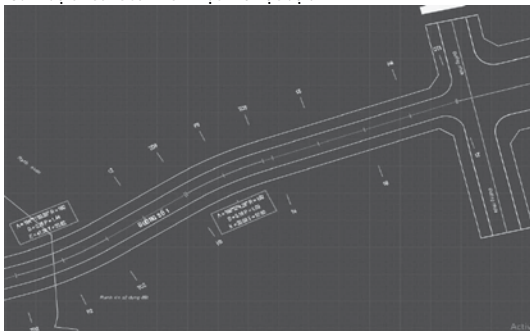
4.2. Thiết kế chi tiết dự án

Sau khi đánh giá hiệu quả của phương án đề xuất bằng phần mềm mô phỏng, nhóm tác giả tiến hành thiết kế chi tiết dự án bằng phần mềm ADScivil các hạng mục công trình bao gồm:

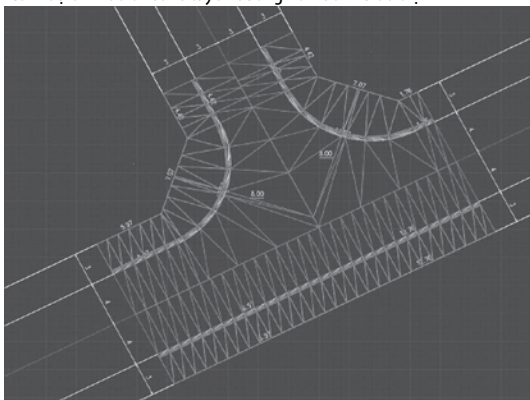
- Thiết kế san nền (Hình 5);
- Thiết kế hệ thống đường giao thông (Hình 6),
- Thiết kế các nút giao thông (Hình 7)
- Thiết kế thoát nước mưa, thoát nước thải (Hình 8)
- Thiết kế chiếu sáng, thiết kế cây xanh và an toàn giao thông



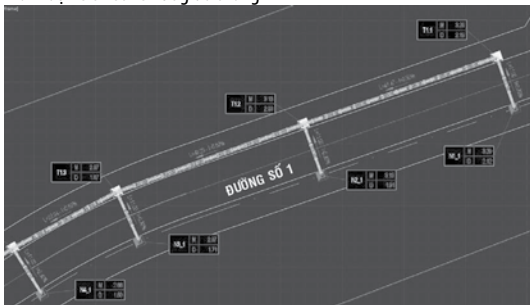
Hình 5. Ví dụ thiết kế san nền một khu vực dự án



Hình 6. Ví dụ bình đồ thiết kế tuyến đường nối vào khu đô thị



Hình 7. Ví dụ vẽ thiết kế nút giao thông



Hình 8. Ví dụ thiết kế mạng lưới thoát nước mưa cho một đoạn tuyến

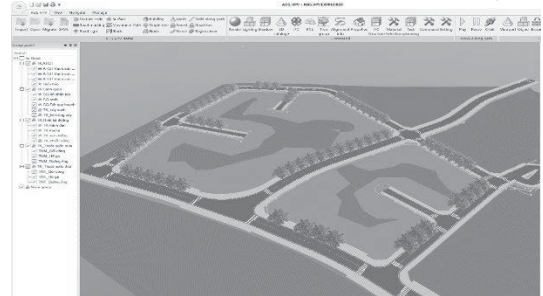
4.3. Xây dựng mô hình 3D

Trong nghiên cứu này, phần mềm ADScivil BIM được ứng dụng để xây dựng mô hình 3D công trình hạ tầng giao thông dựa trên các bản vẽ thiết kế 2D truyền thống. Quy trình thực hiện bao gồm việc nhập dữ liệu hình học từ bản vẽ AutoCAD (định dạng *.dwg), sau đó tái cấu trúc các lớp thông tin để tạo thành mô hình không gian ba chiều có chứa đầy đủ thông tin kỹ thuật liên quan đến tuyến, mặt cắt ngang, hệ thống thoát nước, cây xanh, và các hạng mục phụ trợ (Hình 9).

Kết quả cho thấy việc chuyển đổi từ 2D sang mô hình 3D bằng ADScivil BIM mang lại nhiều lợi ích rõ rệt. Mô hình 3D không chỉ giúp

trực quan hóa toàn bộ cấu trúc công trình trong không gian thực, hỗ trợ hiệu quả cho công tác thuyết trình và trình duyệt dự án, mà còn cho phép tích hợp và quản lý thông tin chi tiết cho từng đối tượng, từ đó tạo nền tảng cho việc kiểm tra xung đột, khối lượng, và tiến độ thi công. Đặc biệt, việc sử dụng mô hình 3D giúp phát hiện sớm các sai lệch trong bản vẽ 2D truyền thống và rút ngắn đáng kể thời gian chỉnh sửa thiết kế.

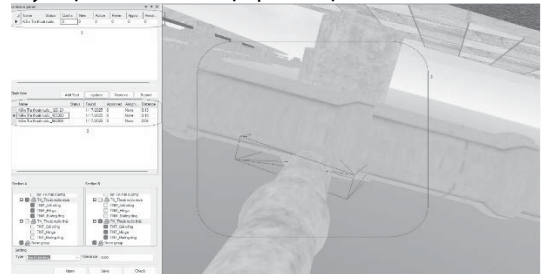
Bên cạnh đó, ADScivil BIM cho phép liên kết các thông tin thuộc tính như vật liệu và kích thước, giúp tăng cường khả năng truy xuất dữ liệu và kiểm soát chất lượng công trình trong suốt vòng đời dự án. Điều này cho thấy tiềm năng lớn của việc ứng dụng mô hình BIM trong lĩnh vực hạ tầng giao thông, không chỉ ở giai đoạn thiết kế mà còn ở các giai đoạn thi công và quản lý vận hành sau này.



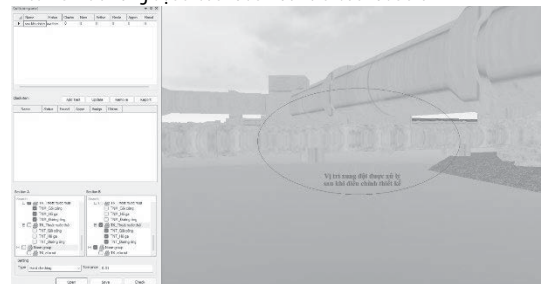
Hình 9. Xây dựng mô hình thông tin công trình

4.4. Kiểm tra xung đột

Hạ tầng giao thông đô thị bao gồm nhiều hệ thống kỹ thuật phức tạp như cây xanh, thoát nước mưa, thoát nước thải, chiếu sáng,... Do đó, việc kiểm tra xung đột trong giai đoạn thiết kế đóng vai trò hết sức quan trọng nhằm hạn chế tối đa các điều chỉnh trong quá trình thi công, từ đó góp phần giảm thiểu chi phí xây dựng. Trong khi việc phát hiện xung đột trên bản vẽ 2D còn gặp nhiều hạn chế, thì mô hình BIM cho phép thực hiện công việc này một cách trực quan và hiệu quả hơn. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm ADScivil BIM để tiến hành phân tích và xử lý xung đột giữa hai hệ thống: thoát nước mưa và thoát nước thải (Hình 10 và Hình 11). Kết quả cho thấy việc áp dụng mô hình BIM trong thiết kế không chỉ nâng cao độ chính xác của phương án thiết kế mà còn góp phần giảm chi phí và rút ngắn tiến độ thi công. Cụ thể, xung đột giữa hệ thống thoát nước mưa và thoát nước thải ở Hình 10 đã được xử lý triệt để sau khi được phát hiện ở Hình 11.



Hình 10. Kiểm tra xung đột thoát nước mưa và thoát nước thải



Hình 11. Kết quả sau khi xử lý xung đột

4.5. Diễn họa dự án

Sau khi hoàn thiện mô hình thiết kế hạ tầng giao thông bằng phần mềm ADScivil BIM, mô hình 3D được xuất sang phần mềm Twinmotion để tiến hành công tác diễn họa. Twinmotion cho phép trực quan hóa mô hình hạ tầng trong môi trường thực tế ảo với chất lượng hình ảnh cao, hỗ trợ trình bày sinh động các thành phần như mặt đường, hệ thống thoát nước, cây xanh, chiếu sáng, cũng như mô phỏng các yếu tố môi trường như ánh sáng tự nhiên, thời tiết và dòng phương tiện giao thông (Hình 12). Bên cạnh đó, các nút giao thông và vị trí đặc biệt được chi tiết hóa, thể hiện ở Hình 13.

Kết quả cho thấy, việc ứng dụng Twinmotion không chỉ hỗ trợ hiệu quả trong công tác truyền đạt ý tưởng thiết kế đến các bên liên quan (chủ đầu tư, cơ quan quản lý, cộng đồng dân cư), mà còn giúp rà soát lại tính hợp lý của thiết kế thông qua quan sát không gian trực quan. Ngoài ra, quá trình xuất mô hình từ ADScivil BIM sang Twinmotion được thực hiện dễ dàng, đảm bảo tính thống nhất và đồng bộ dữ liệu giữa các phần mềm. Việc tích hợp diễn họa bằng Twinmotion trong quy trình thiết kế hạ tầng không những nâng cao chất lượng trình bày hồ sơ mà còn góp phần thúc đẩy quá trình ra quyết định trong giai đoạn lập dự án và phê duyệt thiết kế.



Hình 12. Xây dựng mô hình trong phần mềm Twinmotion



Hình 13. Dựng hình chi tiết hóa các nút giao thông

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất và triển khai quy trình ứng dụng mô hình BIM trong thiết kế hạ tầng đô thị, từ giai đoạn thiết kế sơ bộ đến xây dựng mô hình 3D hoàn chỉnh và trích xuất hồ sơ kỹ thuật 2D. Việc áp dụng BIM không chỉ giúp kiểm chứng phương án tuyến, phát

hiện sớm xung đột giữa các hệ thống kỹ thuật để kịp thời điều chỉnh, mà còn nâng cao tính trực quan, hỗ trợ công tác trình duyệt và chuẩn hóa hồ sơ thiết kế. Kết quả thực nghiệm cho thấy BIM là công cụ hữu hiệu trong việc nâng cao chất lượng thiết kế, giảm thiểu sai sót trong thi công và tạo nền tảng cho quản lý thông tin công trình trong suốt vòng đời dự án. Sự kết hợp giữa VISSIM (phân tích giao thông), ADScivil (thiết kế hạ tầng kỹ thuật) và Twinmotion (mô phỏng trực quan và thực tế ảo) đảm bảo các yếu tố kỹ thuật kinh tế - công nghệ. Tuy nhiên, nhóm tác giả chỉ tập trung đến BIM 3D trong quá trình thiết kế nên chưa bao hàm được hết vòng đời của dự án. Trong tương lai, việc mở rộng ứng dụng BIM sang các giai đoạn thi công và vận hành, kết hợp với các công nghệ mô phỏng và phân tích nâng cao, sẽ góp phần thúc đẩy quá trình quy hoạch và phát triển đô thị theo hướng bền vững và hiệu quả hơn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi nguồn ngân sách khoa học và công nghệ của Trường Đại học Nha Trang trong đề tài mã số TR2024-13-13

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011), "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.)", Wiley.
- [2]. Azhar, S. (2011), "Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11(3), pp. 241-252.
- [3]. Borrmann, A., König, M., Koch, C., and Beetz, J. (2018), "Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice," Springer.
- [4]. Jack C. P. C., Qiqi, L., and Yichuan, D. (2016), "Analytical review and evaluation of civil information modelling (CIM)," *Automation in Construction*, vol 67, pp. 31-47.
- [5]. Thủ tướng Chính phủ (2016), "Quyết định số 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình,".
- [6]. Thủ tướng Chính phủ (2023), "Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng,".
- [7]. Lê, H. N. (2018), "BIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam: Thực trạng, rào cản ứng dụng và giải pháp," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng*.
- [8]. Bộ Xây dựng (2021), "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,".
- [9]. Ngô T. T., and Nguyễn, M. N. (2023), "Ứng dụng BIM cho công trình hạ tầng kỹ thuật tại Việt Nam," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*.
- [10]. Ziemska-Osuch, M., and Osuch, D. (2022), "Modeling the Assessment of Intersections with Traffic Lights and the Significance level of the Number of Pedestrians in Microsimulation Models Based on the PTV Vissim Tool," *Sustainability*, vol. 14(14), pp. 8945.
- [11]. Duy, Q. D., and Bae, S. H. (2022), "Comprehensive Automated Driving Maneuvers under a Non-Signalized Intersection Adopting Deep Reinforcement Learning," *Applied Sciences*, vol. 12(19), pp. 9653.
- [12]. Nguyen, J., Powers, S., Urquhart, N., Farrenkopf T., and Guckert, M. (2021), "An overview of agent-based traffic simulators," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 12, pp. 100486.
- [13]. Duy, Q. D., and Hien, N. Q. (2013), "Application of VISSIM microsimulation model for motorcycle traffic in Ho Chi Minh City," In the 10th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Taipei, Taiwan.
- [14]. Bộ Xây dựng (2021), "Quyết định 348/QĐ-BXD về việc công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM),".
- [15]. Wiedemann, R., and Reiter, U. (1992), "Microscopic Traffic Simulation: The Simulation System mission. Background and Actual State," *Project ICARUS (V1052) Final Report*, CEC: Brussels, Belgium, vol. 2, pp. 1-53.
- [16]. TCVN 13592 - 2022 (2022), "Đường đô thị - Yêu cầu thiết kế," Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [17]. Transportation research board (2010), "The Highway Capacity Manual 2010," The national academics of science, United States.