

GIÁM SÁT TIẾN ĐỘ VÀ KHỐI LƯỢNG THỰC TẾ BẰNG MÔ HÌNH 3D TRÊN DỮ LIỆU Đám Mây THÔNG QUA NỀN TẢNG AUTODESK FORGE

Phạm Vũ Hồng Sơn^{a,b}, Nguyễn Đình Bảo^{a,b,*}

^aKhoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh,
268 đường Lý Thường Kiệt, quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

^bĐại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 27/01/2021, Sửa xong 19/05/2021, Chấp nhận đăng 20/05/2021

Tóm tắt

Trong quản lý dự án xây dựng, tiến độ và chi phí luôn thay đổi hàng ngày do chịu sự chi phối bởi nhiều khía cạnh thực tế từ công trường. Điều này có thể ảnh hưởng đến tổng thời gian hoàn thành và tổng ngân sách của dự án. Nghiên cứu này đề xuất một tiện ích mở rộng (ONSK18) tích hợp trực tiếp trong phần mềm Autodesk Revit, nền tảng Autodesk Forge và kết hợp cùng phương pháp Giá trị đạt được (Earned Value Method - EVM) để theo dõi tiến độ và chi phí của dự án xây dựng. Đồng thời còn tạo được cổng kết nối giữa các bên tham gia dự án bằng cách chia sẻ mô hình 3D bao gồm thông tin tiến độ và khối lượng thực tế của dự án một cách trực quan, cụ thể nhất. Mô hình đề xuất được đánh giá trên một dự án thi công kết cấu của một nhà phố ở đường Lạc Long Quân, Quận 11, TP. Hồ Chí Minh. Kết quả so sánh với thực tế chứng tỏ tính hợp lý và khả năng đưa ra dự đoán chính xác của mô hình.

Từ khoá: tiến độ; chi phí; khối lượng; Autodesk Forge; EVM; mô hình 3D.

MONITOR SCHEDULE AND QUANTITY IN REAL-TIME WITH 3D MODEL ON CLOUD COMPUTING VIA AUTODESK FORGE

Abstract

In construction project management, progress and cost always change every day due to the influence of many practical aspects from the site. This may affect the total completion time and the total budget of the project. This study proposes an extension (ONSK18) that integrates directly into Autodesk Revit software, Autodesk Forge platform and combines Earned Value Method (EVM) with it to track the progress and cost of a construction project. At the same time, it creates a portal between project participants by sharing a 3D model that includes project progress and actual volume information in the most intuitive and specific way. The proposed model is evaluated on a structural construction project of a townhouse on Lac Long Quan street, District 11, Ho Chi Minh City. The result compared with reality has demonstrated the reasonableness and ability to make accurate predictions of the model.

Keywords: schedule; cost; quantity; Autodesk Forge; EVM; 3D model.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3V\)-11](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-11) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Mục đích của việc quản lý dự án xây dựng là hoàn thành công việc trong thời gian nhất định và phạm vi ngân sách cho phép, đồng thời tuân thủ các yêu cầu thiết kế và thông số kỹ thuật đã đề ra [1].

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: dingbao.xm12clc@gmail.com (Bảo, N. Đ.)

Để đạt được mục đích đó cũng như là cân bằng hai yếu tố thời gian và chi phí này [2], cần phải nỗ lực đáng kể vào việc quản lý quá trình xây dựng, sẽ không thể thực hiện được nếu không có một hệ thống giám sát hiệu quả hoạt động bằng cách đo lường hiệu suất thông qua theo dõi chi phí, tiến độ và khối lượng của một dự án cơ bản [3]. Những năm vừa qua, cả thế giới phải trải qua đại dịch COVID19 ảnh hưởng rất lớn đến nền kinh tế toàn cầu, việc kinh doanh của hầu hết các công ty xây dựng đều bị ảnh hưởng ít nhiều, biện pháp làm việc từ xa thông qua mạng internet cũng là một yêu cầu cần thiết để đảm bảo cho hiệu suất công việc được ổn định và đem lại hiệu quả cao nhất.

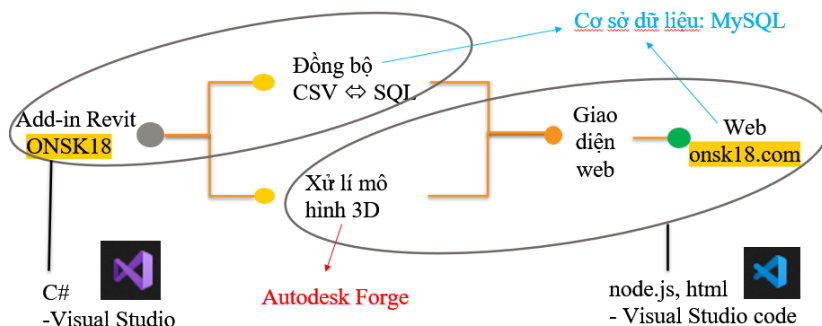
Các yếu tố ảnh hưởng đến sự chậm trễ và chi phí vượt mức thay đổi tùy thuộc theo loại dự án, địa điểm, quy mô và phạm vi [4]. Có thể kể đến là chính là do sự kiểm soát yếu kém trong giai đoạn đầu thầu; ảnh hưởng của thời tiết, thiên tai, dịch bệnh; yếu tố thay đổi thiết kế hoặc do điều kiện kinh tế có nhiều biến động... Cụ thể hơn là do các nhà thầu không hoàn thành các hạng mục được giao đúng thời hạn, các hạng mục mà chủ đầu tư thay đổi, tăng quy mô dự án nhưng thông tin cập nhật không nhanh chóng và đồng nhất dẫn đến tình trạng sai sót hoặc thiếu hụt trong thi công, lãng phí kinh tế và thời gian cho tất cả các bên tham gia vào mọi công tác trong vấn đề quản lý dự án xây dựng. Do vậy, cần phải có biện pháp để kiểm soát được tình hình thực tế của dự án một cách nhanh chóng và chính xác.

Với các sản phẩm thương mại thì một giải pháp phần mềm với chức năng và chi phí phù hợp với các doanh nghiệp từ nhỏ và vừa tới các doanh nghiệp lớn là Raken. Chương trình tạo ra một ứng dụng có thể ghi báo cáo hàng ngày, tạo phiếu chấm công, theo dõi quá trình làm việc,... sử dụng hình ảnh chụp tại công trường để ghi nhận các nhận xét. Phần mềm được dùng thử miễn phí hoặc trả phí với các chức năng nâng cao. Ngoài ra còn có BIM 360 là một nền tảng thống nhất hỗ trợ kết nối dữ liệu dự án xây dựng theo thời gian thực từ thiết kế đến xây dựng trong công trường. Giúp tăng cường độ chính xác ở các quyết định về hiệu chỉnh thiết kế, tạo sự đồng nhất trong tất cả các tài liệu dự án. Tuy nhiên, để có thể sử dụng nền tảng này các công ty xây dựng phải bỏ ra một chi phí không nhỏ để duy trì hoạt động suốt vòng đời dự án. Cùng nguồn gốc từ Autodesk, trang thông tin <https://viewer.autodesk.com/> có thể tải lên và chia sẻ thiết kế dự án bằng cả mô hình 2D và 3D. Người dùng được sử dụng tất cả những chức năng có sẵn hoàn toàn miễn phí, nhưng về mặt quản lý sẽ gặp khá nhiều hạn chế vì không thể phân quyền và bảo mật thông tin dự án.

Zoran [5] đã sử dụng mô hình 4 chiều để giám sát tiến độ bằng cách sử dụng các máy quét laser 3D gắn trên các thiết bị và trên nón bảo hộ của công nhân để ghi nhận lại thực tế công trường. Zeynab [6] ứng dụng máy quét hồng ngoại, máy ảnh thực tế ảo, cảm biến từ xa... thu thập và báo cáo dữ liệu công trường theo thời gian thực, sau đó dùng trí tuệ nhân tạo, học máy để tính toán và cung cấp các chức năng quản lý, giám sát các hoạt động hàng ngày trong các dự án xây dựng. Các nghiên cứu này có thể đồng bộ được thực trạng thi công một cách tức thời, nhưng thay vào đó thì phải dùng rất nhiều công cụ quét laser 3D, định vị và nhiều quá trình công đoạn phức tạp để thực hiện.

Hình 1 cho thấy ngôn ngữ lập trình, phương thức làm việc và sự liên kết, kết nối dữ liệu với nhau của từng phần trong nghiên cứu. Nhiệm vụ của tiện ích mở rộng ONSK18 là cập nhật, xử lý thông tin từ văn phòng, cùng với Phương pháp Giá trị đạt được chạy phân tích các chỉ số dự án; cổng <http://onsk18.com/> hiển thị và theo dõi tình trạng thực tế của dự án từ xa bằng bất kỳ thiết bị nào có thể truy cập vào mạng internet. Autodesk Forge là một nền tảng miễn phí hỗ trợ mạnh mẽ việc xử lý chuyển đổi mô hình 3D lên mạng internet và cung cấp các công cụ đính kèm để quản lý mô hình, đồng thời còn cho phép thêm bớt, tùy biến chức năng một cách tự do và linh hoạt. Nghiên cứu vẫn tồn tại những hạn chế như giao diện còn đơn giản, chưa thể việt hóa hoàn toàn, dữ liệu đầu vào cần phải nhập thủ công. Tuy nhiên, thông qua ưu và nhược điểm của các nghiên cứu trước và sản phẩm công nghệ hiện nay, nghiên cứu này kết hợp những mặt tiện ích lại, lược bớt những hạn chế đi để đưa

ra một đề xuất qua đó người dùng có thể đánh giá, theo dõi hiện trạng thực tế của dự án một cách đơn giản và trực quan từ bất kì đâu.



Hình 1. Công cụ và phương thức làm việc của tiện ích mở rộng ONSK18 và cổng <http://onsk18.com/>

2. Phương pháp giá trị đạt được

2.1. Mục đích phương pháp giá trị đạt được

EVM là phương pháp phân tích chi phí, tiến độ với kế hoạch cơ sở. Phân tích Giá trị đạt được đã phát triển như một hệ thống đo lường sự thực hiện cụ thể của quản lý dự án (đang nhanh hay chậm hơn tiến độ? có vượt quá hay thấp hơn ngân sách?). Hơn nữa, phương pháp này cho phép người quản lý dự án đưa ra suy luận về hiệu quả cuối cùng của dự án về chi phí và thời gian hoàn thành, bằng cách ngoại suy các chỉ số hiện tại [7].

Nếu được sử dụng hiệu quả, phương pháp này đòi hỏi một cách tiếp cận có kỷ luật để thu thập dữ liệu về chi phí và tiến độ của dự án (hàng tuần) và các phát hiện phải được xử lý ngay lập tức. Mục đích là để phát hiện bất kỳ sai lệch nào càng sớm càng tốt, để có đủ thời gian đánh giá xem sự sai lệch có nguy hiểm cho dự án hay không và nếu cần thiết, phải thực hiện các hành động can thiệp để sửa chữa [8].

2.2. Các khái niệm liên quan

Dựa vào dữ liệu chi phí kế hoạch, tiến độ kế hoạch và dữ liệu chi phí thực tế, tiến độ thực tế tại thời điểm cập nhật, theo EVM ta cần tiến hành xác định các chỉ số sau [9]:

- Chi phí dự trù theo kế hoạch/ngân sách kế hoạch để hoàn thành dự án (Budget At Completion – BAC).
- Chi phí ước tính thực hiện phần việc đúng như kế hoạch (Planned Value – PV, Budgeted Cost of Work Scheduled - BCWS).
- Chi phí theo kế hoạch để hoàn thành công việc đã thực hiện đến thời điểm cập nhật (Earned Value – EV, Budgeted Cost of Work Performed - BCWP).
- Chi phí chi ra thực tế để thực hiện phần việc đến thời điểm cập nhật (Actual Cost – AC, Actual Cost of Work Performed - ACWP).
- Thời gian hoàn thành dự án theo kế hoạch (T).
- Thời gian ước tính hoàn thành dự án (T').
- Chênh lệch chi phí tại thời điểm cập nhật (Cost Variance – CV): là một thước đo độ lệch giữa chi phí kế hoạch và chi phí thực tế dựa theo ghi nhận tiến độ tính theo đơn vị tiền. Nếu âm ($CV < 0$),

chỉ số này chỉ ra rằng dự án đang vượt quá ngân sách và ngược lại.

$$CV = EV - AC \quad (1)$$

- Chênh lệch về mặt khối lượng công việc tại thời điểm cập nhật (Schedule Variance – *SV*): là thước đo độ lệch giữa tiến độ kế hoạch và tiến độ thực tế. Mặc dù chỉ số này được hiểu là độ lệch thời gian nhưng được thể hiện bằng đơn vị tiền. Nói cách khác, nó là sự chênh lệch chi phí kế hoạch của các công trình đã được thực hiện và chi phí dự kiến của các công việc mà lẽ ra phải được thực hiện bằng ngày báo cáo. Nếu âm ($SV < 0$), chỉ số này chỉ ra rằng dự án đang chậm hơn so với tiến độ dự kiến và ngược lại

$$SV = EV - PV \quad (2)$$

- Chỉ số hiệu suất chi phí tại thời điểm cập nhật (Cost Performance Index – *CPI*): chỉ số này so sánh giá trị kế hoạch và giá trị thực tế của dự án được thực hiện, nếu nhỏ hơn 1 ($CPI < 1$) thể hiện rằng dự án đã tiêu tốn nhiều tiền hơn kế hoạch, và ngược lại nếu lớn hơn 1 ($CPI > 1$) thì đã tiết kiệm hơn

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (3)$$

- Chỉ số hiệu suất tiến độ tại thời điểm cập nhật (Schedule Performance Index – *SPI*): chỉ số này so sánh chi phí kế hoạch của các công việc được thực hiện với chi phí dự kiến của công trình. Nếu nhỏ hơn 1 ($SPI < 1$) thể hiện đang chậm trễ so với kế hoạch và ngược lại.

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (4)$$

- Chỉ số chi phí tiến độ, chỉ số này phản ánh tình trạng tổng thể của dự án (Cost – Schedule Index – *CSI*):

$$CSI = CPI \times SPI \quad (5)$$

Nếu $CSI > 1$: Tình trạng dự án chấp nhận được; $CSI < 1$: Tình trạng dự án đang có vấn đề

- Chỉ số thực hiện khi đã hoàn thành, chỉ số này thể hiện mỗi đồng còn lại trong ngân sách sẽ phải thu được về mặt lý thuyết để dự án không vượt ngân sách (To Complete Performance Index – *TCPI*):

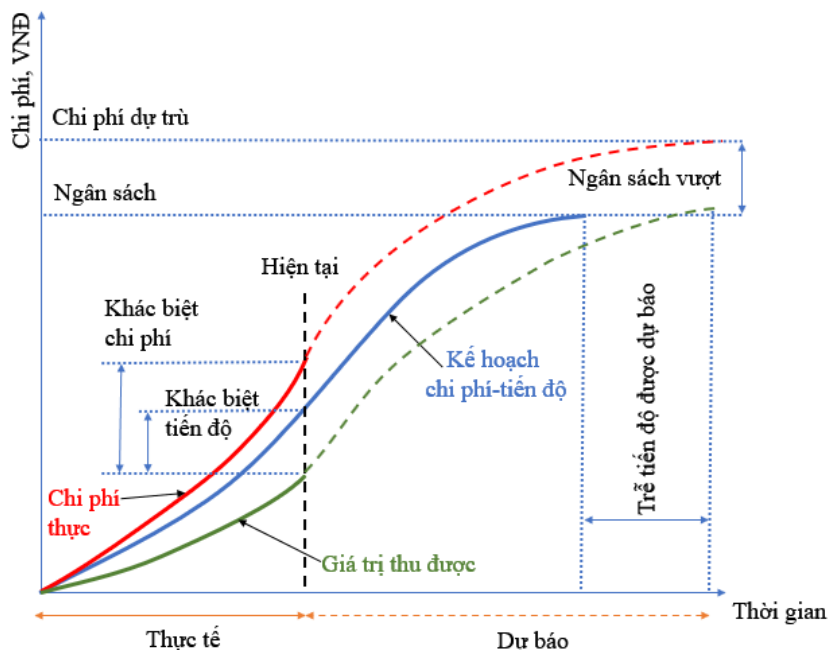
$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (6)$$

- Chi phí dự báo để hoàn thành dự án (Estimate Cost at Completion - *EAC*): chỉ số này chỉ ra quy mô tiềm ẩn của các vấn đề chi phí và đưa ra tín hiệu cảnh báo khi giá trị vượt quá xa chi phí dự kiến, giúp cho người quản lý nhận ra và đưa ra hành động can thiệp kịp thời.

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \quad (7)$$

- Thời gian dự trù để hoàn thành dự án (Estimate Time at Completion – *EACt*):

$$EACt = \frac{\left(\frac{BAC}{SPI}\right)}{\left(\frac{BAC}{T}\right)} \quad (8)$$



Hình 2. Đồ thị tiến độ – chi phí

Bảng 1. Tổng hợp các dự đoán về chi phí và tiến độ của dự án

	-	0	+
Chênh lệch chi phí (Cost Variance - CV)	Vượt chi phí (Cost Overrun)	Đúng chi phí (On Budget)	Không vượt chi phí (Cost Underrun)
Chênh lệch khối lượng công việc (Schedule Variance - SV)	Chậm tiến độ (Behind Schedule)	Đúng tiến độ (On Schedule)	Vượt tiến độ (Ahead of Schedule)

Nghiên cứu này tập trung vào các chỉ số đo lường đến thời điểm cập nhật và các tham số ước tính khi hoàn thành dự án, các chỉ số được thể hiện qua biểu đồ tiến độ - chi phí như Hình 2.

Các diễn giải về hiệu suất có thể được rút ra từ các chỉ số chi phí và tiến độ được tóm tắt trong Bảng 1 [10].

Từ các thông số ở Bảng 1 có thể xác định, đánh giá được các trạng thái cơ bản của dự án:

- Tiến độ sớm + Chi phí thấp ($CV > 0$; $SV > 0$; $CPI > 1$; $SPI > 1$): Tình trạng dự án rất tốt.
- Tiến độ sớm + Chi phí cao ($CV < 0$; $SV > 0$; $CPI < 1$; $SPI > 1$): Tình trạng dự án chấp nhận được.
- Tiến độ trễ + Chi phí thấp ($CV > 0$; $SV < 0$; $CPI > 1$; $SPI < 1$): Tình trạng dự án chấp nhận được.
- Tiến độ trễ + Chi phí cao ($CV < 0$; $SV < 0$; $CPI < 1$; $SPI < 1$): Tình trạng dự án rất xấu.

3. Nền tảng Autodesk Forge và chương trình ONSK18

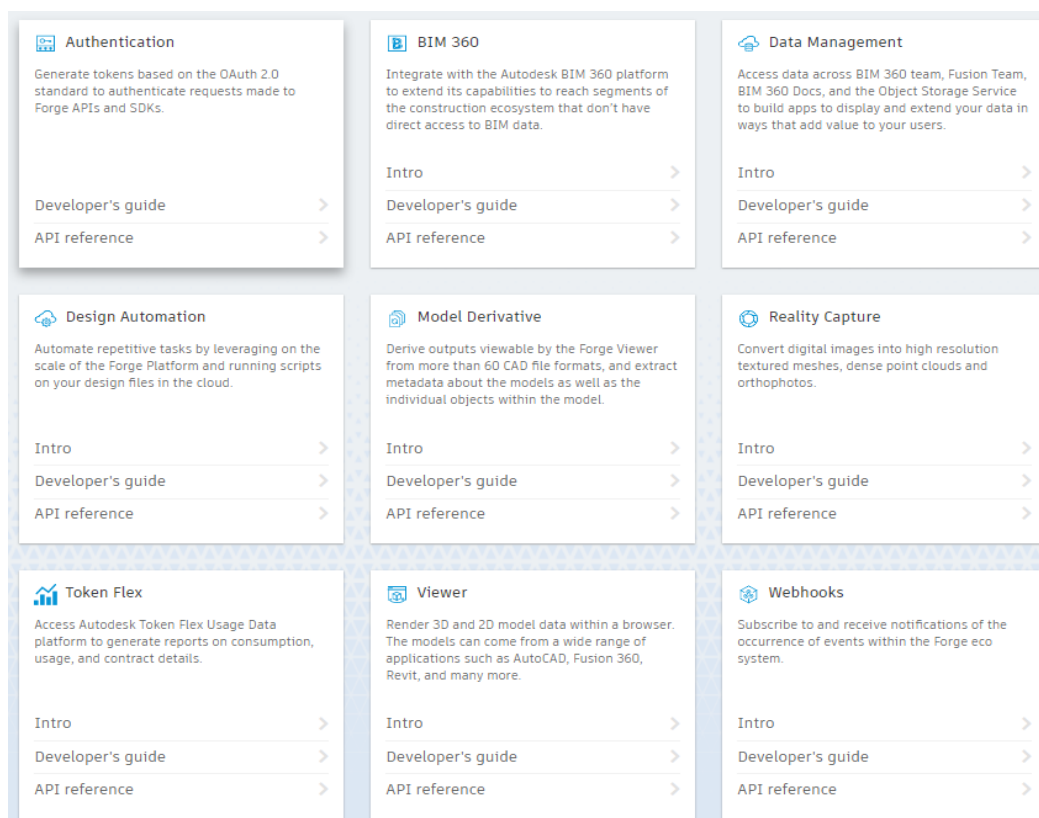
3.1. Nền tảng Autodesk Forge

Autodesk Forge là một nền tảng nhà phát triển dựa trên đám mây của Autodesk. Chúng ta có thể truy cập dữ liệu thiết kế và kỹ thuật trên đám mây với nền tảng Forge. Nền tảng này cho phép tự động hóa quy trình, kết nối nhóm và quy trình làm việc hay trực quan hóa dữ liệu của mình [11].

Bộ công cụ phát triển phần mềm (Hình 3) của Autodesk Forge cho phép các nhà phát triển tự lập trình ứng dụng riêng theo nhu cầu và tập hợp được mọi nguồn lực trên khắp thế giới. Có thể nói Forge là sự tiến hóa tiếp theo của mô hình BIM (Building Information Modelling) trong tương lai [12, 13].

Những công cụ hỗ trợ từ Autodesk Forge sử dụng trong nghiên cứu:

- Data management: Có thể sử dụng Forge như nơi lưu trữ dữ liệu điện toán đám mây.
- Viewer: Hiển thị mô hình 2 chiều hoặc 3 chiều lên trên trang web. Người xem có thể tùy biến, ẩn hiện đối tượng và dễ dàng chia sẻ thông tin với người khác.



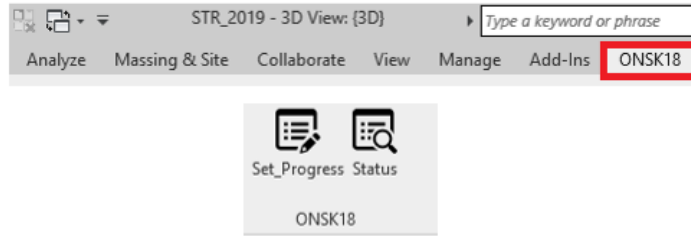
Hình 3. Bộ công cụ phát triển phần mềm của Forge. (Nguồn: forge.autodesk.com)

3.2. Chương trình ONSK18

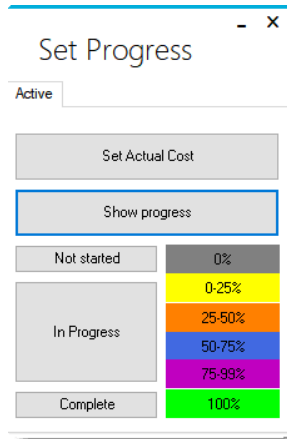
a. Tiềm ích mở rộng ONSK18

Hình 4–6 hiển thị giao diện chính của chương trình “ONSK18” trong Autocad Revit, “ONSK18” gồm có 2 chức năng chính là “Set Progress” và “Status”.

- Set_Progress: Thiết lập tiến độ, khối lượng và ghi chú.



Hình 4. Thẻ tiện ích mở rộng “ONSK18”



Hình 5. Giao diện chức năng Set_Progress

- Status: Hiển thị bảng kết quả gán công việc và tất cả đối tượng hiển thị trên giao diện Revit. Ngoài ra còn có thêm các chức năng tải thông tin lên trên web, tải xuống thông tin từ trang web và nhập thông tin từ trang web vào mô hình.

Show Status

ID	Category	Grade	Volume	Volume Actual	Status	Date	Comment	Edit by	Note by Viewer	Viewer
343676	Structural Fra...									
343990										
343678	Structural Fra...									
341933	Structural Fou...									
342698	Structural Fra...									
342796	Structural Fra...									
343674	Structural Fra...									
342856	Structural Fra...									
343437	Structural Col...									
343623	Structural Col...									
343636	Structural Col...									
343649	Structural Col...									
343680	Structural Fra...									
343742	Structural Col...									

Refresh Import to Revit Down from web Up to Web

Hình 6. Giao diện chức năng Status

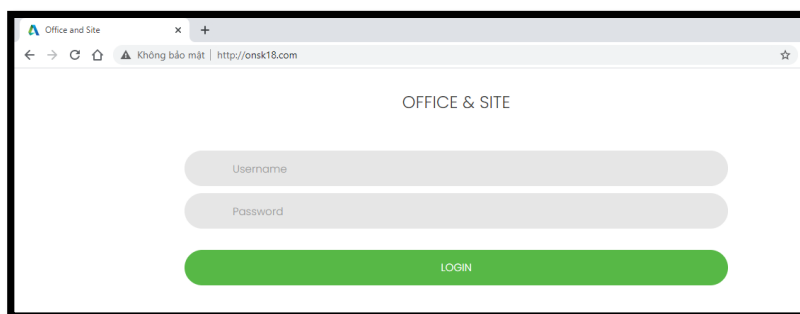
Trong giao diện Status này bao gồm các nút chức năng như sau:

- Refresh: Làm mới bảng thông tin.

- Up to web: Tính toán các chỉ số dự án bằng phương pháp giá trị đạt được. Đồng thời tải tất cả thông tin từ Revit lên trang web.
- Down from web: Tải xuống tất cả thông tin từ trang web xuống Revit.
- Import to Revit: Nhập thông tin tải xuống từ trang web vào Revit.

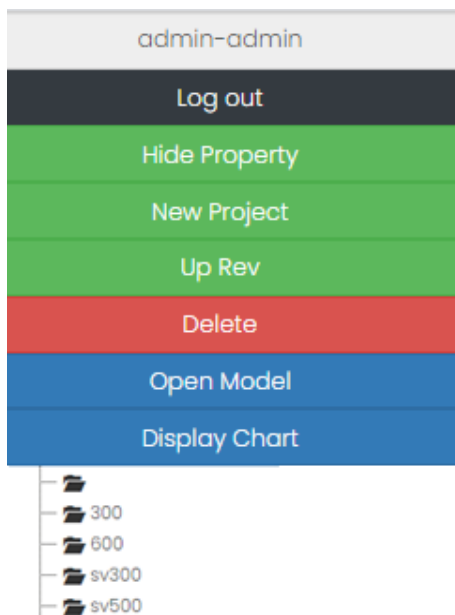
b. Trang web <http://onsk18.com/>

Chúng ta truy cập vào liên kết <http://onsk18.com/> bằng máy tính, điện thoại di động thông minh hoặc máy tính bảng để có thể sử dụng trang web. Sau khi truy cập thành công ta sẽ được chuyển đến giao diện đăng nhập (Hình 7). Tại đây, chúng ta sẽ dùng tài khoản được cung cấp để tham gia vào dự án.



Hình 7. Giao diện đăng nhập của “onsk18.com”

Khi đăng nhập thành công, trang web sẽ được chuyển sang giao diện sử dụng, gồm phần bên trái và cột menu tùy chỉnh (Hình 8), ở giữa là phần để xem mô hình 3 chiều và phần bên phải dùng để bình luận, ghi chú và chọn phần trăm công việc.

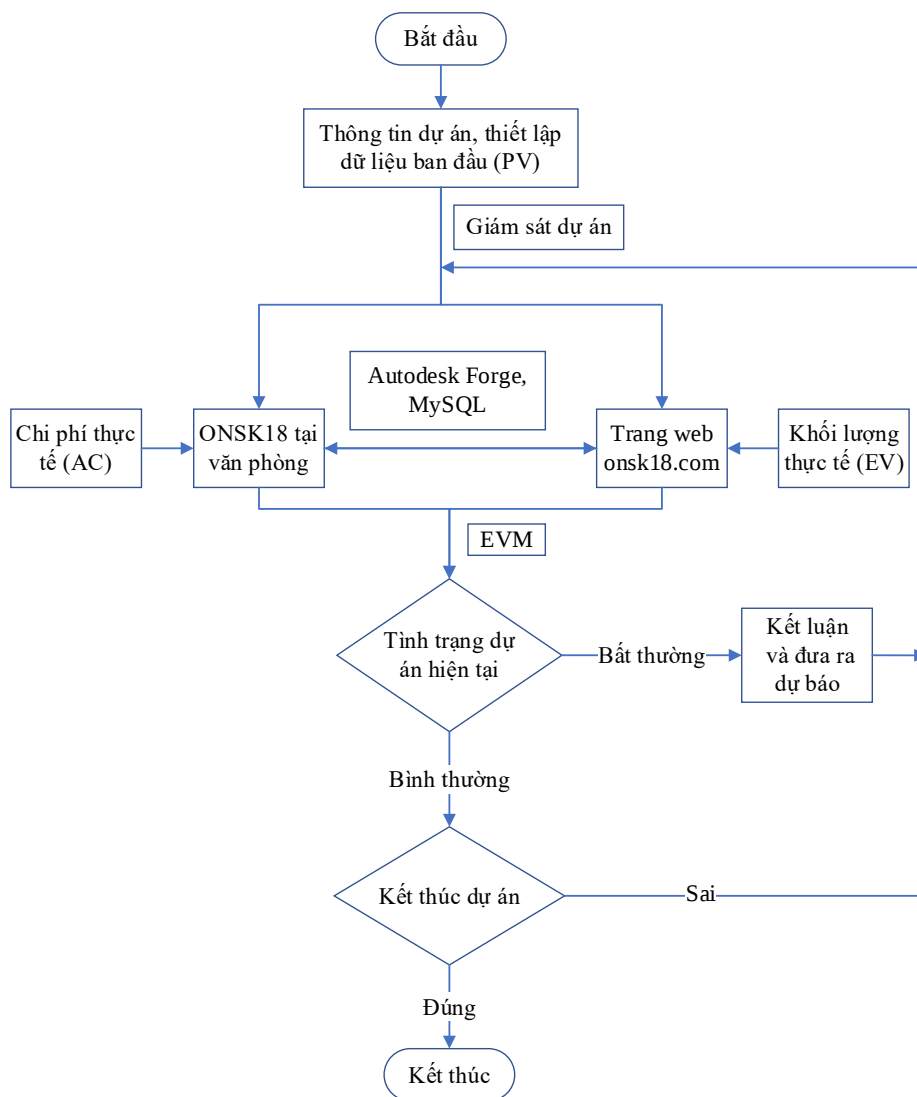


Hình 8. Thanh công cụ chương trình

4. Sự kết hợp giữa tiện ích ONSK18, cổng <http://onsk18.com/> và EVM

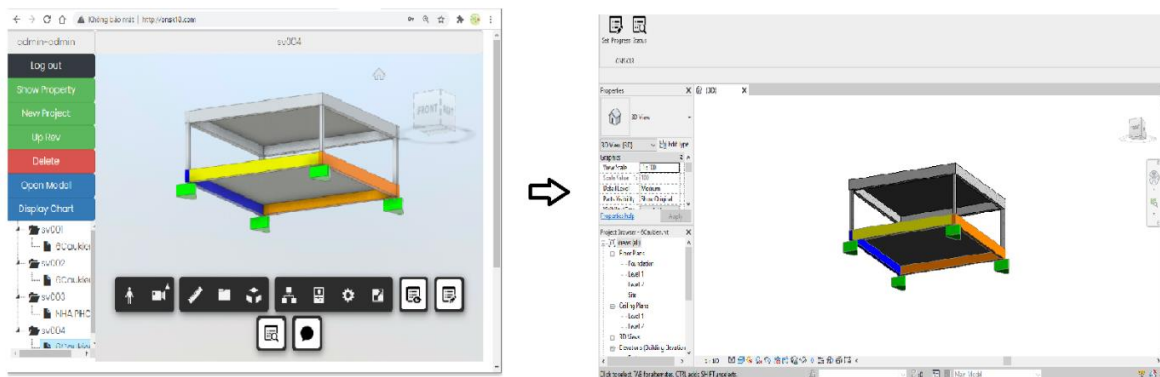
Để đánh giá hiện trạng, dự đoán xu hướng tiến triển của một dự án và sau đó có được quyết định can thiệp hợp lý, nghiên cứu này đã sử dụng Phương pháp giá trị đạt được (EVM). Nhưng vì EVM cần phải kiểm tra tiến độ thường xuyên ngay từ đầu của một dự án nên đề xuất đã kết hợp cùng với tiện ích ONSK18 và cổng <http://onsk18.com/>.

Hình 9 hiển thị sơ đồ hoạt động của đề xuất, tiện ích ONSK18 sẽ khởi tạo thông tin dự án, mô hình ban đầu và tiếp nhận các thông tin tải xuống từ cổng <http://onsk18.com/>. Sau đó sẽ dùng phân tích EVM để đưa ra được các chỉ số hiện trạng của dự án cho đến khi hoàn thành.

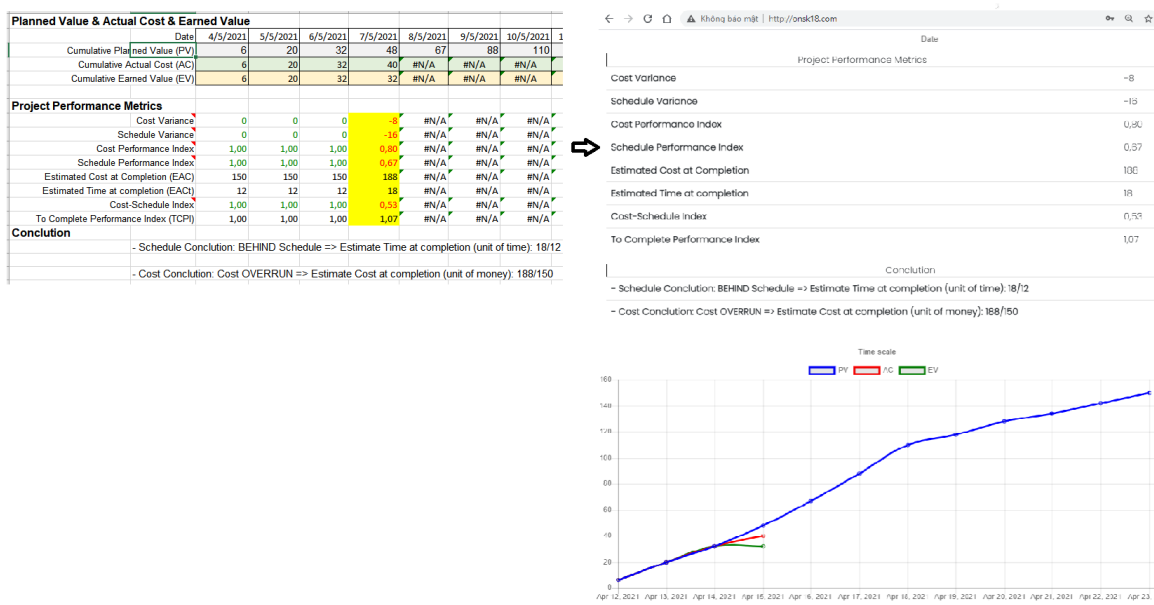


Hình 9. Sơ đồ hoạt động

Khi kỹ sư hiện trường cập nhật thông tin từ công trường bằng cổng http://onsk18.com mọi dữ liệu sẽ được đồng bộ về văn phòng qua tiện ích ONSK18. Từ đó phân tích EVM được tiến hành và được tải lên trên mạng internet để mọi người có thể xem xét (Hình 10 và 11).



Hình 10. Cập nhật tiến độ giữa ONSK18 và <http://onsk18.com>



Hình 11. Tải lên <http://onsk18.com> các chỉ số hiện trạng thông qua phân tích EVM

5. Đánh giá chương trình

Mô hình sẽ áp dụng vào một dự án thực tế để thấy được tính hiệu quả của nghiên cứu. Cụ thể đề xuất sẽ theo dõi và dự báo chi phí và tiến độ của dự án thi công kết cấu của một nhà phố ở đường Lạc Long Quân, Quận 11, TP. Hồ Chí Minh. Đơn vị thời gian là ngày, khoảng thời gian tính toán là 7 ngày. Thời gian thi công dự án theo kế hoạch là 84 ngày, từ ngày 01/12/2020 – 23/02/2021. Thời gian thi công dự án thực tế 74 ngày từ ngày 01/12/2020 – 13/02/2021 (lâm cả thứ 7 và chủ nhật). Tổng giá trị xây dựng phần kết cấu trong dự toán sau thuế là 307.922.607 đ. Tổng giá trị xây dựng phần kết cấu thực tế sau thuế là: 281.000.000 đ.

Quá trình áp dụng được chia làm 2 giai đoạn. Giai đoạn 1 từ bắt đầu dự án đến ngày 29/12/2020: chỉ theo dõi các chỉ số của dự án. Giai đoạn 2 từ sau ngày 29/12/2020 đến khi kết thúc dự án.

Bảng 2. Tiến độ kế hoạch, chi phí kế hoạch của các công tác thi công phần kết cấu theo hồ sơ dự thầu và dự toán

Tiến độ theo kế hoạch					Chi phí theo
STT	Tên công tác	Kéo dài	Bắt đầu	Kết thúc	kế hoạch (PV)
Thi công phần móng		35 Ngày			
1	Đóng cọc và đổ bê tông móng	22 Ngày	01/12/2020	23/12/2020	43.502.732
2	Thi công cổ móng	3 Ngày	24/12/2020	26/12/2020	16.813.524
3	Thi công giằng móng	4 Ngày	27/12/2020	30/12/2020	21.751.366
4	Thi công sàn tầng trệt	6 Ngày	31/12/2020	05/01/2021	26.689.208
Tổng chi phí phần móng					108.756.830
Thi công phần thân					
Tầng 1		18 Ngày			
5	Thi công cột tầng 1	6 Ngày	06/01/2021	11/01/2021	16.245.725
6	Thi công dầm tầng 1	5 Ngày	12/01/2021	16/01/2021	36.171.516
7	Thi công sàn tầng 2	7 Ngày	17/01/2021	23/01/2021	26.649.070
Tổng chi phí tầng 1					79.066.311
Tầng 2		18 Ngày			
5	Thi công cột tầng 2	5 Ngày	24/01/2021	28/01/2021	14.090.009
6	Thi công dầm tầng 2	6 Ngày	29/01/2021	03/02/2021	31.275.077
7	Thi công sàn tầng 3	7 Ngày	04/02/2021	10/02/2021	23.942.936
Tổng chi phí tầng 2					69.308.022
Tầng 3		13 Ngày			
5	Thi công cột tầng 3	4 Ngày	11/02/2021	14/02/2021	10.778.578
6	Thi công dầm tầng 3	4 Ngày	15/02/2021	18/02/2021	22.482.198
7	Thi công trần tầng 3	5 Ngày	19/02/2021	23/02/2021	17.530.668
Tổng chi phí tầng 3					50.791.444
Tổng chi phí phần thân					199.165.777
Tổng chi phí theo kế hoạch					307.922.607

Bảng 3. Tiến độ kế hoạch, chi phí kế hoạch của các công tác thi công phần kết cấu theo thực tế

Tiến độ theo thực tế					Chi phí theo thực tế (AC)
STT	Tên công tác	Kéo dài	Bắt đầu	Kết thúc	
Thi công phần móng		28 Ngày			
1	Đóng cọc và đổ bê tông móng	12 Ngày	01/12/2020	13/12/2020	50.000.000
2	Thi công cổ móng	3 Ngày	11/12/2020	14/12/2020	18.000.000
3	Thi công giằng móng	7 Ngày	15/12/2020	22/12/2020	26.000.000
4	Thi công sàn tầng trệt	6 Ngày	23/12/2020	29/12/2020	28.000.000
Tổng chi phí phần móng					122.000.000
Thi công phần thân					
Tầng 1		17 Ngày			
5	Thi công cột tầng 1	5 Ngày	30/12/2020	03/01/2021	32.000.000
6	Thi công dầm tầng 1	6 Ngày	04/01/2021	10/01/2021	21.000.000
7	Thi công sàn tầng 2	6 Ngày	10/01/2021	16/01/2021	25.000.000
Tổng chi phí tầng 1					78.000.000
Tầng 2		17 Ngày			
5	Thi công cột tầng 2	5 Ngày	17/01/2021	22/01/2021	24.000.000
6	Thi công dầm tầng 2	6 Ngày	23/01/2021	29/01/2021	
7	Thi công sàn tầng 3	6 Ngày	28/01/2021	03/02/2021	29.000.000
Tổng chi phí tầng 2					53.000.000
Tầng 3		12 Ngày			
5	Thi công cột tầng 3	4 Ngày	04/02/2021	08/02/2021	
6	Thi công dầm tầng 3	4 Ngày	07/02/2021	11/02/2021	28.000.000
7	Thi công trần tầng 3	4 Ngày	10/02/2021	13/02/2021	
Tổng chi phí tầng 3					28.000.000
Tổng chi phí phần thân					159.000.000
Tổng chi phí theo thực tế					281.000.000

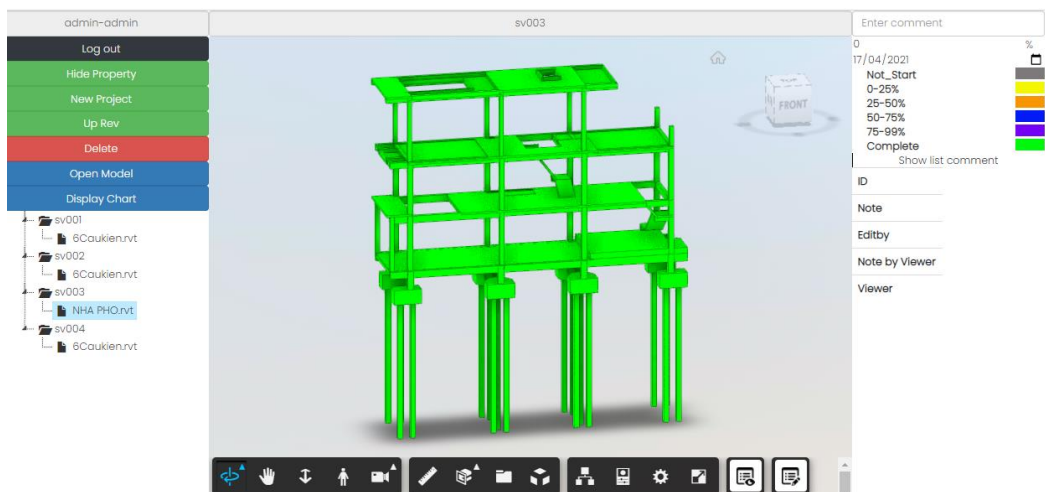
Thông qua Hình 12 thấy được các chỉ số ở giai đoạn 1 dự án đang có vấn đề, chi phí bị gia tăng và tiến độ đang chậm trễ hơn so với kế hoạch. Ở giai đoạn 2, nghiên cứu tiếp tục theo dõi đồng thời đưa ra các dự báo chỉ ra tình trạng thực tế của dự án, giúp cho người quản lý điều chỉnh số lượng và tăng năng suất làm việc của nhân công, quản lý thu chi một cách hợp lý hơn để đưa dự án về trạng thái ổn định hơn.

Planned Value & Actual Cost & Earned Value						
Ngày	1/12/2020	8/12/2020	15/12/2020	22/12/2020	29/12/2020	
Cumulative Planned Value (PV)	21751366	60316256	82067622	95412226	125002555	
Cumulative Actual Cost (AC)	21000000	50000000	68000000	94000000	122000000	
Cumulative Earned Value (EV)	19576229,4	55272199	70004371	88886816	122121417	
Project Performance Metrics						
Cost Variance	-1.423.771	5.272.199	2.004.371	-5.113.184	121.417	
Schedule Variance	-2.175.137	-5.044.057	-12.063.251	-6.525.410	-2.881.138	
Cost Performance Index	0,93	1,11	1,03	0,95	1,00	
Schedule Performance Index	0,90	0,92	0,85	0,93	0,98	
Estimated Cost at Completion (EAC)	330.317.683	278.551.073	299.106.141	325.635.750	307.616.460	
Estimated Time at completion (EACt)	94	93	100	91	87	
Cost-Schedule Index	0,84	1,01	0,88	0,88	0,98	
To Complete Performance Index (TCPI)	1,00	0,98	0,99	1,02	1,00	
5/1/2021	12/1/2021	19/1/2021	26/1/2021	2/2/2021	9/2/2021	16/2/2021
1,61E+08	187823141	201913150	233188226,6	257131162,5	267909740,5	2,9E+08
154000000	175000000	200000000	224000000	253000000	281000000	#N/A
169929210	189538331	211605179	239889972	262951595	307922607	#N/A
15.929.210	14.538.331	11.605.179	15.889.972	9.951.595	26.922.607	#N/A
8.755.139	1.715.190	9.692.029	6.701.745	5.820.433	40.012.867	#N/A
1,10	1,08	1,06	1,07	1,04	1,10	#N/A
1,05	1,01	1,05	1,03	1,02	1,15	#N/A
279.057.858	284.303.739	291.035.038	287.526.249	296.269.051	281.000.000	#N/A
81	84	81	83	83	74	#N/A
1,16	1,09	1,11	1,10	1,06	1,26	#N/A
0,91	0,91	0,91	0,85	0,87	0,45	#N/A

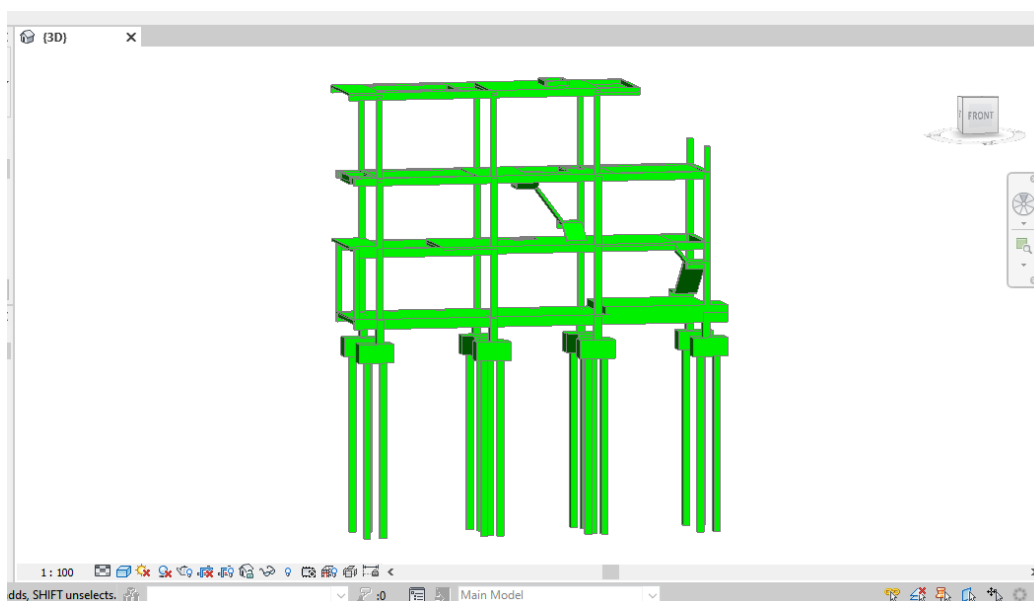
Hình 12. Hình chụp lại bảng theo dõi các chỉ số dự án

Ngoài ra, nghiên cứu còn giúp cho các bên tham gia dự án có thể xem được tình trạng thực tế từ xa thông qua trang web <http://onsk18.com/> mọi thông tin được đồng bộ chính xác và kèm theo là mô hình 3D trực quan (Hình 13 và 14). Trên trang web ta còn có thể xem được cả đồ thị tiến độ - chi phí của dự án và các chỉ số liên quan.

Thông tin dữ liệu của mô hình sau khi gán thành công sẽ được tải lên trang web đồng bộ để cập nhật thông tin trực tuyến (Hình 15). Mọi người khi có tài khoản người dùng sẽ được xem và chỉnh sửa tiến độ khối lượng dự án công trình tùy vào phân quyền được cung cấp. Kết quả mô hình sẽ thay đổi màu sắc và có thêm thông tin ghi chú từ người dùng.



Hình 13. Mô hình 3D của dự án mở trực tiếp trên trang web



Hình 14. Mô hình 3D của dự án mở trực tiếp trên phần mềm Revit

Từ Bảng 4 rút ra nhận xét về khả năng đo lường, dự báo chi phí và tiến độ của nghiên cứu:

Đo lường chi phí: Nghiên cứu sử dụng phương pháp giá trị đạt được cho kết quả đo lường chi phí sát với chi phí thực tế.

Đo lường tiến độ: Nghiên cứu sử dụng trang web và phân tích EVM cho kết quả đo lường tiến độ tương đối sát với tiến độ thực tế.

Dự báo chi phí và thời gian hoàn thành: Kết quả dự báo chi phí và thời gian hoàn thành so với thực tế của ngày 02/02/2021 sai số thấp hơn so với ngày 29/12/2020. Bởi vì giai đoạn 2 được người quản lý áp dụng những hành động can thiệp kịp thời giúp dự án ổn định hơn, bắt nguồn từ những chỉ số thực trạng công trường mà đề xuất đưa ra.



Hình 15. Thông tin của dự án sau hiển thị trên trang web

Bảng 4. Tổng hợp so sánh kết quả đo lường, dự báo chi phí và tiến độ của nghiên cứu (sử dụng phân tích EVM) và thực tế

Thời gian		EVM	Thực tế
29/12/2020 (Cuối giai đoạn 1)	Chi phí dự báo hoàn thành	307.616.460 đ	281.000.000 đ
	Sai số chi phí (%)	0,095	
	Thời gian dự báo hoàn thành	87 ngày	74 ngày
	Sai số thời gian (%)	0,176	
02/02/2021 (Cuối giai đoạn 2)	Chi phí dự báo hoàn thành	296.269.051 đ	281.000.000 đ
	Sai số chi phí (%)	0,054	
	Thời gian dự báo hoàn thành	83 ngày	74 ngày
	Sai số thời gian (%)	0,122	

6. Kết luận

Hệ thống nghiên cứu đề xuất đưa ra phương pháp giám sát tiến độ và khối lượng thực tế từ công trường dựa trên 2 khía cạnh chi phí, thời gian thi công của công tác và kết hợp với phương pháp giá trị đạt được để đưa ra các chỉ số và các dự đoán của dự án, đồng thời cho thấy được đồ thị quan hệ giữa tiến độ và chi phí giúp người quản lý có thể dự báo trước tình trạng của dự án và đưa ra quyết định đúng đắn. Ngoài ra nghiên cứu còn tạo ra một cổng liên kết, chia sẻ thông tin dự án giữa các bên tham gia. Các cuộc họp có thể sử dụng sản phẩm để trình bày được thực trạng một cách trực quan nhất thông qua mô hình 3 chiều có thêm thông tin tiến độ và khối lượng được cập nhật từ công trường. Song song với quá trình hoàn thiện sản phẩm, nghiên cứu sẽ tiếp tục nghiên cứu thêm các công cụ của nền tảng Autodesk Forge, giúp người dùng có trải nghiệm tốt hơn, dự án được bảo mật và đa dụng hơn. Hướng nghiên cứu tiếp có thể tích hợp thêm việc tính toán thiết kế ván khuôn cho các cấu kiện bê tông, thêm các biểu đồ thể hiện nhân công, công tác nhập xuất vật tư và quản lý.

Hạn chế của bài báo là: một phần vẫn phải cập nhật dữ liệu đầu vào một cách thủ công cùng với mô hình chuẩn thì mới hoạt động một cách hiệu quả ít sai sót. Nghiên cứu chỉ được phân tích qua một dự án thực tế, số lượng mẫu thử là quá ít, chưa đủ để chứng minh hệ thống phương pháp là hoàn toàn đáng tin cậy.

Tài liệu tham khảo

- [1] Pewdum, W., Rujiranyong, T., Sooksatra, V. (2009). [Forecasting final budget and duration of highway construction projects](#). *Engineering, Construction and Architectural Management*, 16(6):544–557.
- [2] Linh, L. Đ., Toàn, N. Q., Hải, N. H., Cường, V. K. (2016). [Sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để ước lượng thời gian dự phòng khi lập tiến độ thi công xây dựng](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐHXD*, 10(3):64–67.
- [3] Yang, H., Yeung, J. F. Y., Chan, A. P. C., Chiang, Y. H., Chan, D. W. M. (2010). [A critical review of performance measurement in construction](#). *Journal of Facilities Management*, 8(4):269–284.
- [4] Le-Hoai, L., Lee, Y. D., Lee, J. Y. (2008). [Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries](#). *KSCE Journal of Civil Engineering*, 12(6):367–377.
- [5] Pučko, Z., Šuman, N., Rebolj, D. (2018). [Automated continuous construction progress monitoring using multiple workplace real time 3D scans](#). *Advanced Engineering Informatics*, 38:27–40.
- [6] Asgari, Z., Rahimian, F. P. (2017). [Advanced Virtual Reality Applications and Intelligent Agents for Construction Process Optimisation and Defect Prevention](#). *Procedia Engineering*, 196:1130–1137.
- [7] Burke, R. (2001). *Project Management: Planning and Control Technique*.
- [8] Czarnigowska, A. (2008). [Earned value method as a tool for project control](#). *Budownictwo i Architektura*, 3(2):015–032.
- [9] Long, L. Đ., Minh, N. Đ. (2015). Hệ thống đo lường và dự báo chi phí tiến độ dự án xây dựng trong giai đoạn thi công (bằng phương pháp EVM, EDM kết hợp với hàm toán học S-curve). *Tạp chí Xây dựng*, (7): 60–64.
- [10] Kim, Y.-W., Ballard, G. (2000). *Is the Earned-Value Method an Enemy of Workflow*.
- [11] Autodesk Inc. [A cloud-based developer platform from Autodesk](#).
- [12] Liu, D., Xia, X., Chen, J., Li, S. (2021). [Integrating Building Information Model and Augmented Reality for Drone-Based Building Inspection](#). *Journal of Computing in Civil Engineering*, 35(2):04020073.
- [13] Brazhenenko, M., Petrivskyi, V., Bychkov, O., Sinitcyn, I., Shevchenko, V. (2021). [Enabling Big Data Query with Modern CAD Systems Redundant Data Stores](#). *2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*, IEEE, 5–9.