

## BIM kết hợp tối ưu hóa đa mục tiêu hỗ trợ ra quyết định lựa chọn nhà thầu thi công công trình nhà cao tầng

### BIM combines multi-objective optimization to support decision-making in selecting contractors for high-rise buildings

Thạch Phi Hùng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Mộng Huyền Trân<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Hà<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ, Email: hungtp.22ac@ou.edu.vn

#### THÔNG TIN

DOI: 10.46223/HCMCOUJS.  
proc.vi.17.2.2526.2022

Ngày nhận: 01/10/2022

Ngày nhận lại: 05/10/2022

Duyệt đăng: 06/10/2022

*Từ khóa:*

BIM; nhà cao tầng; quản lý xây dựng; tối ưu hóa

*Keywords:*

BIM; high-rise buildings; construction management; optimization

#### TÓM TẮT

Trong môi trường kinh doanh khắc nghiệt như hiện nay, các công ty xây dựng muốn giữ vững được vị trí của mình đồng thời có thể phát triển một cách hiệu quả so với các đối thủ cạnh tranh thì các công ty cần phải đặc biệt quan tâm và phải giải quyết được bài toán chi phí và tiến độ. Việc của các nhà quản lý làm sao có thể khai thác được hiệu quả các chức năng của BIM và ứng dụng nó để giải quyết các vấn đề về chi phí cũng như là tiến độ trong lĩnh vực xây dựng. Mỗi nhà thầu thi công sẽ có khả năng thực hiện thi công khác nhau. Có nhà thầu thi công nhanh nhưng chi phí lại cao, cũng có nhà thầu thi công với chi phí thấp nhưng tiến độ thi công lại chậm. Vì vậy mục tiêu chính của nghiên cứu này là ứng dụng BIM và thuật toán tối ưu hóa để lựa chọn các nhà thầu thi công công trình nhà cao tầng. Kết quả nghiên cứu này giúp các nhà quản lý đưa ra được quyết định cho việc lựa chọn nhà thầu thi công công trình nhà cao tầng một cách dễ dàng hơn.

#### ABSTRACT

In today's harsh business environment, construction companies want to maintain their position and develop effectively compared to competitors, and companies need to solve the problem of cost and schedule. It is the job of managers to effectively exploit the functions of BIM and apply them to solve the problems of cost and schedule in the construction field. Each construction contractor will have the ability to perform different construction. Some contractors build fast, but the cost is high, there are also contractors with low construction costs, but the construction progress is slow. Therefore, the main objective of this study is to apply BIM and optimization algorithms to select contractors for high-rise buildings. The results of this study help managers make decisions regarding selecting contractors for high-rise buildings more efficiently.

#### 1. Giới thiệu

Quản lý tiến độ và chi phí đóng vai trò quan trọng quyết định sự thành công của dự án đầu tư xây dựng. Việc nâng cao hiệu quả trong quản lý tiến độ và chi phí là vấn đề cốt lõi của mọi nhà thầu, nhằm tiết kiệm thời gian, nguyên vật liệu, nhân công, máy móc, thiết bị, tăng năng suất lao động, ... Việc đảm bảo tiến độ và tiết kiệm chi phí sẽ làm tăng lợi nhuận của nhà thầu, bên cạnh

đó sẽ tạo uy tín đối với chủ đầu tư và nâng cao vị thế cạnh tranh của nhà thầu trên thương trường. Trong thời đại 4.0, nền công nghiệp xây dựng trong nước đang đối mặt với những khó khăn và thách thức nhất định. Chi phí và tiến độ là hai trong nhiều yếu tố quyết định sự thành công của dự án đầu tư xây dựng ở bất kỳ công ty hay doanh nghiệp nào. Hiện tại, đa số những nhà quản lý dự án hay nhà thầu dựa vào kinh nghiệm để đưa ra quyết định lựa chọn phương pháp thi công xây dựng. Tuy nhiên, phương pháp này thiếu tính nhất quán và có thể dẫn đến lãng phí tài nguyên không cần thiết hoặc vượt quá thời gian cho phép của dự án. Do đó, nghiên cứu này khai thác sức mạnh của máy tính và các thuật toán tiến hóa để xây dựng mô hình tìm kiếm đa mục tiêu hỗ trợ đưa ra quyết định lựa chọn nhà thầu.

Theo Cheng và Prayogo (2014), kỹ thuật tối ưu hóa là một lĩnh vực nghiên cứu đầy thách thức đã thu hút sự chú ý ngày càng cao trong những thập kỷ gần đây. Phương pháp tối ưu hóa dựa trên các thuật toán đã được phát triển để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa kỹ thuật khác nhau. Có nhiều phương pháp đã được đề xuất để tối ưu bài toán thời gian, chi phí bằng cách chọn tổ hợp tối ưu các phương án thi công cho các công việc. Các phương pháp để giải quyết bài toán tối ưu thời gian và chi phí gồm có: Phương pháp toán học sử dụng các chương trình quy hoạch tuyến tính - Linear programming, Phương pháp tìm kiếm - Heuristic-based approaches (Meyer & Shaffer, 1963). Nhiều thập kỷ gần đây, các nhà khoa học trong nước và quốc tế đã sử dụng các thuật toán dựa trên nền tảng tiến hóa - evolutionary - based optimization algorithm. Chẳng hạn, Pham và Duong (2010) nghiên cứu ứng dụng thuật toán ACO tối ưu thời gian và chi phí cho dự án xây dựng. Pham (2009) xây dựng phần mềm WinQSB tối ưu thời gian và chi phí của phần ngầm dự án điều hành điện lực Đà Nẵng. Yang (2007) phát triển thuật toán bầy đàn tối ưu đa mục tiêu. Ng and Zhang (2008) đưa ra thuật toán đa mục tiêu dựa vào thuật toán đàn kiến để tối ưu bài toán thời gian và chi phí. Vấn đề tối ưu hóa cân bằng đồng thời chi phí và thời gian trong quá trình lập kế hoạch thi công xây dựng thông qua việc lựa chọn biện pháp thi công là một trong những nhiệm vụ quan trọng của nhà quản lý dự án.

### 2.1. Tối ưu hóa đa mục tiêu

Bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu liên quan nhiều hàm mục tiêu đối lập nhau và có một tập tối ưu. Mô hình bài toán tối ưu đa mục tiêu gồm một véc-tơ biến, các hàm mục tiêu và các ràng buộc liên quan. Người ra quyết định sẽ cực tiểu hóa (hoặc cực đại hóa) các hàm mục tiêu (Karaboga, Gorkemli, Ozturk, & Karaboga 2014). Bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu được mô hình toán học như sau:

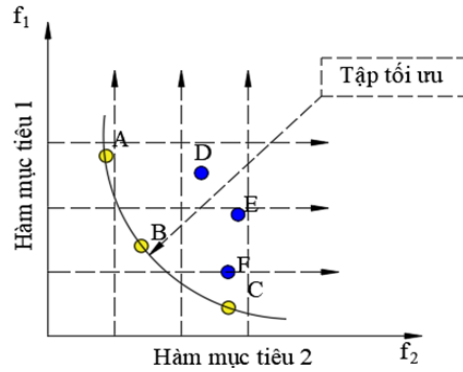
$$\text{Cực đại hóa: } \underset{X \in D}{\text{Min}} f(X) = [f_1(X), f_2(X), \dots, f_k(X)] \quad (1)$$

$$\text{Ràng buộc: } g_1(X) \geq 0; \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$h_j(X) = 0, \quad j = 1, \dots, p \quad (3)$$

$$D = \{X | g(X) \geq 0, h_j(X) = 0\} \quad (4)$$

Trong đó  $f(X)$  là hàm mục tiêu,  $k$  là số lượng hàm mục tiêu. Mỗi hàm mục tiêu có thể được cực tiểu hoặc cực đại hóa.  $g_i(X)$  là các ràng buộc không cân bằng,  $h_j(X)$  là các ràng buộc cân bằng.  $m$  và  $p$  tương ứng là số lượng các ràng buộc không cân bằng và cân bằng. Giải pháp tối ưu  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  là véc-tơ gồm  $n$  biến trong miền khả thi  $D$ . Mục đích của bài toán tối ưu đa mục tiêu là xác định những véc-tơ  $X$  từ trong miền khả thi  $D$  nhằm tạo ra các giá trị tối ưu của các hàm mục tiêu đồng thời thỏa mãn các ràng buộc trên.



**Hình 1.** Minh họa về tính vượt trội và tập tối ưu

## 2.2. Thuật toán cộng sinh (*Symbiotic organisms search*)

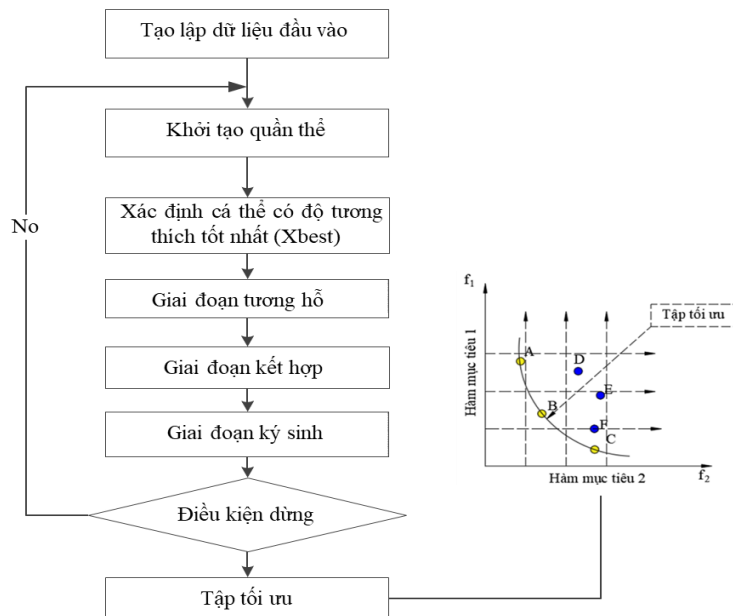
Trong quá trình phát triển mỗi sinh vật sẽ thu được những lợi ích từ việc tương tác với nhau (Cheng & Prayogo, 2014; Coello, Lamont, & Van Veldhuizen, 2007) thông qua 03 giai đoạn:

- Giai đoạn tương hỗ (Mutualism phase): Giai đoạn mà một sinh vật đang phát triển mối quan hệ có lợi cho bản thân và cho cả sinh vật khác.

- Giai đoạn kết hợp (Commensalism phase): Giai đoạn mà nếu các loài trong vai trò là loài sống hội sinh sẽ có lợi, còn loài được hội sinh sẽ không có lợi cũng không có hại.

- Giai đoạn ký sinh (Parasitism phase): Giai đoạn mà một sinh vật đang phát triển mối quan hệ có lợi cho bản thân nhưng gây hại cho sinh vật khác.

Nguyên tắc chính của mỗi giai đoạn chính là đặc tính của sự tương tác trong quần thể. Mỗi sinh vật tương tác với các sinh vật khác một cách ngẫu nhiên qua tất cả các giai đoạn. Trong quá trình tương tác sinh vật nhận được lợi ích sẽ tiến hóa, sinh vật bị hại sẽ chết. Phần lớn các thuật toán siêu hình đều áp dụng một chuỗi các phép toán cho ra chuỗi các giải pháp trong mỗi vòng lặp để tạo ra các giải pháp mới cho lần lặp tiếp theo hiệu quả hơn trước. Mỗi giải pháp được đánh giá thông qua các hàm mục tiêu, các hàm mục tiêu cũng thay đổi theo từng vấn đề của bài toán cụ thể. Quá trình này được lặp lại cho đến khi các tiêu chí được đáp ứng. Các giai đoạn trên được trình bày phát thảo như Hình 2.



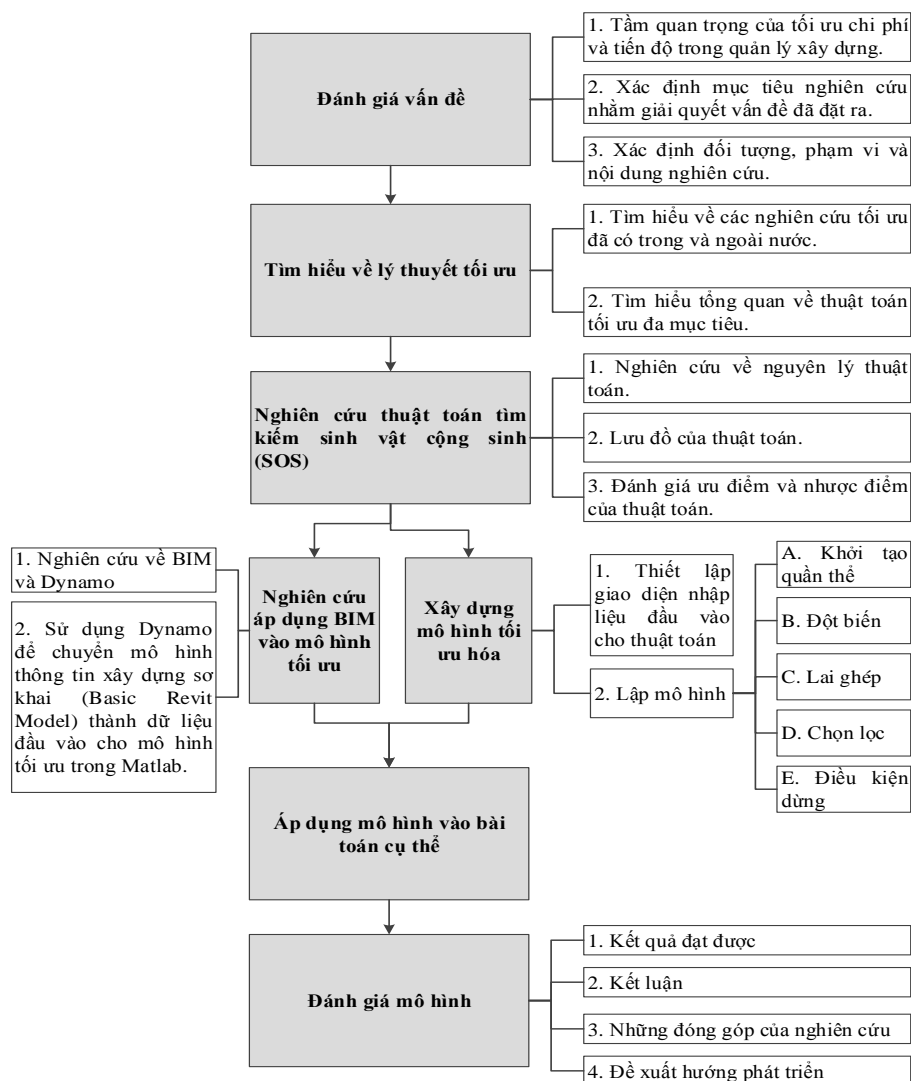
**Hình 2.** Các giai đoạn của thuật toán

### 2.3. Vai trò về BIM

Khi nói về BIM nhiều người nghĩ đơn giản nó là một phần mềm. Thực tế công nghệ BIM không bó hẹp trong việc diễn tả một thiết kế kiến trúc hay việc tạo ra một mô hình ba chiều trình bày phối cảnh của công trình sau khi đã được thiết kế. BIM không đơn thuần chỉ là một mô hình 3D. Mô hình này, được gọi là mô hình thông tin xây dựng, có thể được sử dụng để lập kế hoạch, thiết kế xây dựng và vận hành. BIM giúp các kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thầu hình dung được những gì sẽ được xây dựng trong một môi trường mô phỏng để xác định bất kỳ vấn đề về thiết kế, xây dựng và vận hành. Phần mềm (Revit, Navis, ...) đơn giản chỉ là cơ cấu để tiến trình BIM được thực hiện. Mô hình thông tin là một trong những xu hướng mới trong ngành xây dựng, BIM chứa đựng những thay đổi mang tính cách mạng trong việc thông tin của công trình xây dựng.

### 2.4. Phương pháp nghiên cứu

Với mong muốn làm rõ những mục tiêu nghiên cứu bằng một trường hợp cụ thể, nhóm tác giả sẽ áp dụng vào một dự án thực tế trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, vì tính bảo mật trong kinh doanh, nghiên cứu không nêu tên công trình này, thay vào đó nhóm tác giả sử dụng tên X để gọi thay thế (Dự án X). Chính vì vậy, một số hoạt động mà có ảnh hưởng đến quá trình thực hiện dự án cũng hạn chế nêu lên trong nghiên cứu này. Phương pháp nghiên cứu được nhóm tác giả minh họa trong Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ các bước nghiên cứu

### 3. Đề xuất mô hình tối ưu hóa đa mục tiêu, lai ghép BIM

#### 3.1. Quy trình chuyển thông tin từ mô hình revit thành dữ liệu đầu vào cho thuật toán tối ưu

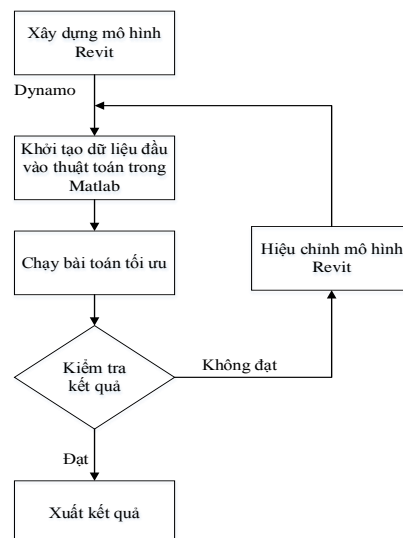
Dữ liệu đầu vào trong Matlab của thuật toán tìm kiếm sinh vật cộng sinh là một file Excel được định dạng như Bảng 1 mô tả file dữ liệu đầu vào của Matlab.

**Bảng 1**

Mô tả file dữ liệu đầu vào của Matlab

STT	Công tác đi trước	Lựa chọn 1		Lựa chọn 2		Lựa chọn 3	
		T	C	T	C	T	C
1		2	6,800	5	5,800	6	6,400
2		3	7,800	5	6,200	6	7,000
3		4	9,600	6	8,500	7	9,000
4		5	9,100	8	8,600	9	8,800
5		3	7,200	6	6,000	8	9,000
6	1	4	9,600	7	8,800	8	9,000
7	1	2	6,800	4	5,800	5	6,400
8	2	6	12,800	8	11,100	9	11,400
9	3	4	11,200	7	9,400	8	10,000
10	4	3	9,000	5	8,000	6	8,500

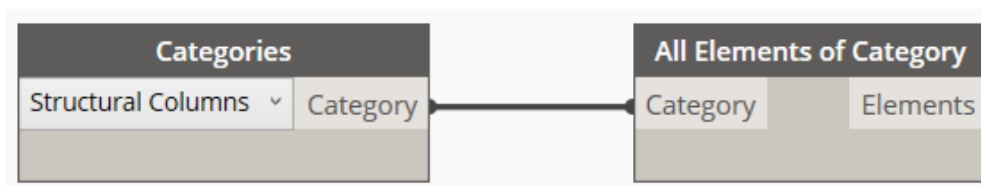
Trong Bảng 1, cột 1 thể hiện tên công tác, cột 2 thể hiện công tác đi trước, cột lựa chọn 1, lựa chọn 2, lựa chọn 3, thể hiện các sự lựa chọn có thể có của từng công tác. T và C tương ứng với thời gian và chi phí thực hiện công tác. Trong nghiên cứu này, thời gian và chi phí cho từng công tác được tính toán dựa vào định mức khối lượng của từng công tác. Ví dụ: để thi công cột tầng trệt (cần  $5\text{m}^3$  bê tông), thì chi phí và thời gian (bao gồm cốp pha, cốt thép, đổ bê tông, ...) được tính dựa vào định mức thể tích bê tông bằng  $5.0 \times 3 = 15$  (triệu), trong đó 5.0 là thể tích bê tông, 03 (triệu/ $\text{m}^3$  bê tông) là đơn giá quy đổi theo định mức bê tông. Thể tích cấu kiện sẽ được truy xuất từ mô hình Revit. Vì vậy, khi mô hình thay đổi, dẫn đến khối lượng thay đổi, đồng nghĩa với việc dữ liệu đầu vào sẽ thay đổi. Quá trình này được diễn tả như Hình 4.



**Hình 4.** Quá trình chuyển đổi thông tin mô hình Revit vào bài toán tối ưu

### 3.2. Xây dựng tiến trình công việc trong Dynamo cho quá trình xuất khối lượng

Dựa vào giá trị cần xuất của bản thống kê là tên chân cột (Base Level) và khối lượng (thể tích) của cấu kiện cột, chúng ta sẽ truy xuất tất cả phần tử cột và giá trị của chân cột (Base Level), sau đó nhóm lại thành một List. Đầu tiên, sử dụng Node All Elements of Category để gọi tất cả các cột, đầu vào của Node này là Category (loại phần tử), ở đây chúng ta dùng Node Categories để gọi tất cả phần tử cột kết cấu (Structural Columns), như Hình 5.

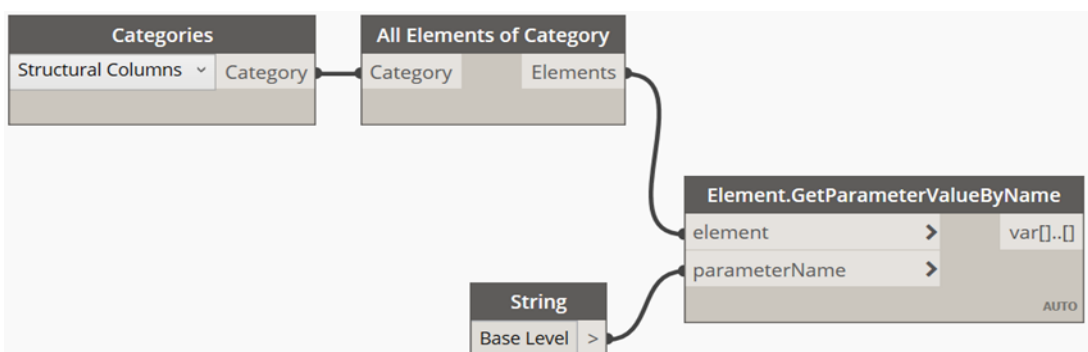


**Hình 5.** Node categories và node all elements of category

Tiếp theo, chúng ta đi gọi giá trị chân cột từ tất cả phần tử cột bằng Node Element.GetParameterValueByName. Node này dùng để gọi một giá trị của một hoặc nhiều tham biến chứa trong phần tử (Element). Đầu vào của Node Element.GetParameterValueByName bao gồm: Element và ParameterName, trong đó:

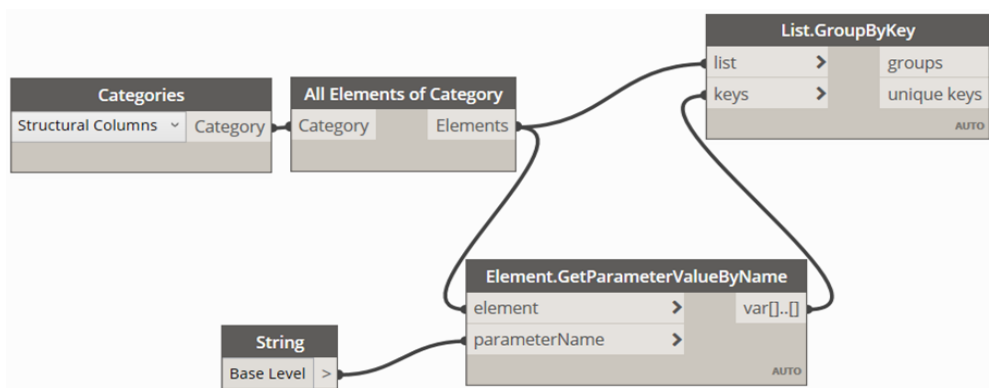
- Element: Là tập hợp các phần tử cần truy xuất, đầu vào sẽ là giá trị của Node All Elements of Category.

- ParameterName: Là tập hợp tên của tham biến muốn xuất thông tin, đầu vào một chuỗi ký tự được tạo bằng Node String, như Hình 6.



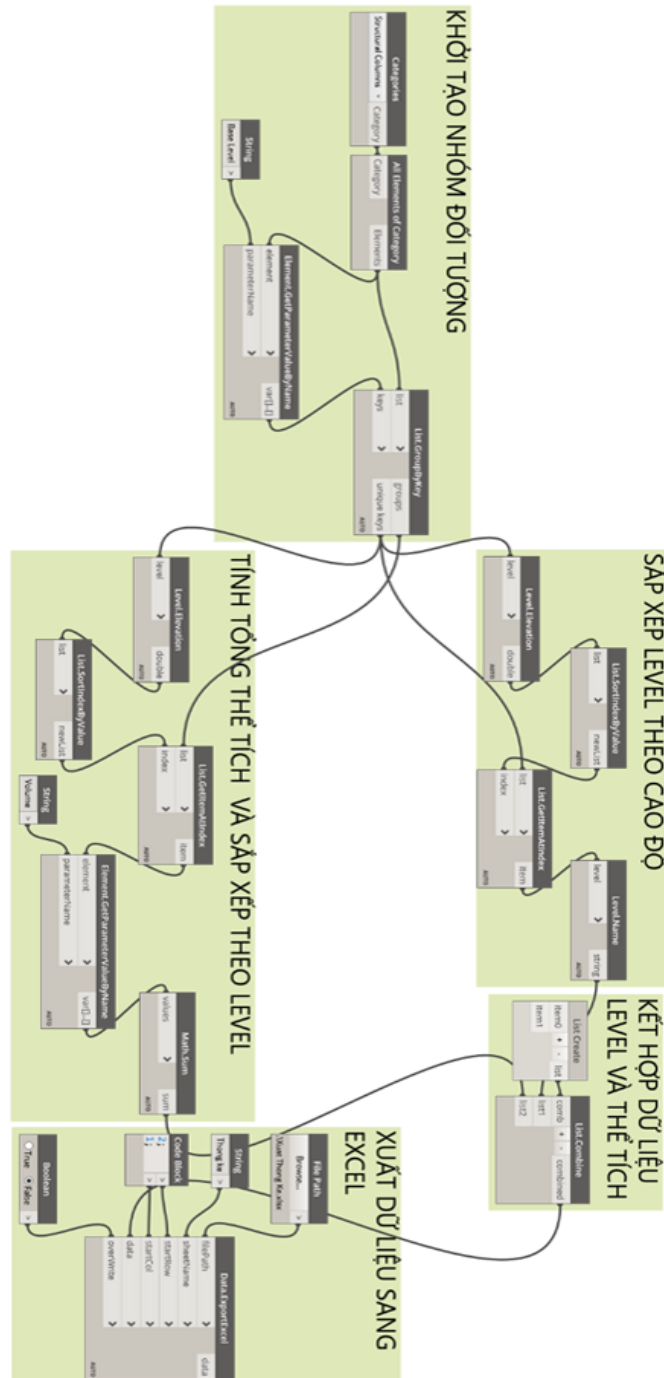
**Hình 6.** Node Element.GetParameterValueByName và Node String

Sau khi đã có đầy đủ thông tin của tối tượng cần truy xuất, bây giờ chúng ta sẽ đi nhóm lại thành một List bằng Node List.GroupByKey, như Hình 7 và đó cũng là bước con cuối cùng trong tiến trình công việc xuất khối lượng trong Dynamo.



**Hình 7.** Tiến trình công việc bước 1

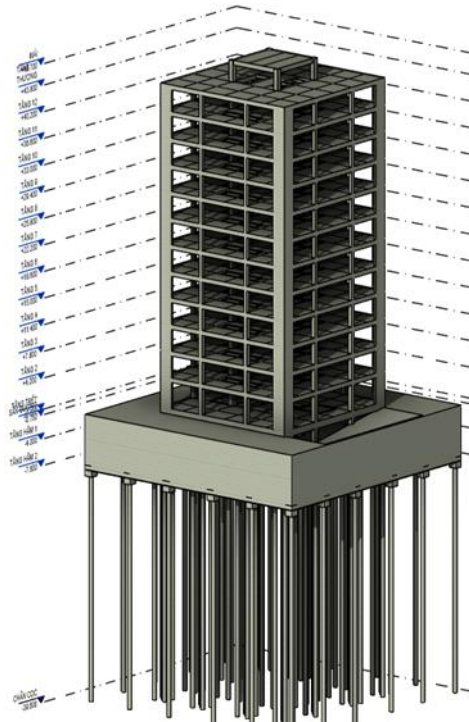
Kết hợp 05 tiến trình công việc lại với nhau, chúng ta sẽ có tiến trình công việc xuất thống kê như Hình 8.



Hình 8. Tiến trình công việc xuất thống kê trong Dynamo

### 3.3. Bài toán cụ thể

Mục tiêu của bài toán là tìm ra nhà thầu đáp ứng được giải pháp phù hợp về chi phí, tiến độ dựa trên thuật toán MOSOS và kết hợp với BIM. Mô hình Revit áp dụng cho bài toán này là một mô hình phần thô của dự án X, bao gồm: 02 tầng hầm và 13 tầng nổi, phần móng được thi công cọc khoan nhồi, như Hình 9.



**Hình 9.** Mô hình Revit bài toán ứng dụng

Mô hình bài toán tối ưu được chạy trong Matlab có dữ liệu đầu vào là một file Excel. Dữ liệu xuất từ mô hình Revit sẽ được định dạng để tự động tính toán dựa trên đơn giá và khối lượng từ mô hình như Bảng 2.

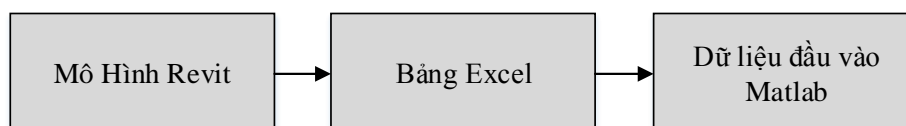
**Bảng 2**

Dữ liệu đầu vào của bài toán

No	Mối liên hệ	Lựa chọn 1		Lựa chọn 2		Lựa chọn 3	
		T	C	T	C	T	C
1		60	6,186	50	6,662	40	7,614
2	1FS+2 days	18	2,908	17	2,774	16	2,595
3	2FS+2 days	18	1,103	17	1,157	15	1,246
4	3FS	17	2,610	16	2,736	15	2,947
5	4FS+1 day	7	1,063	6	1,115	5	1,166
6	5FS	7	958	6	991	5	1,073
7	5FS	7	521	6	539	5	584
8	7FS+1 day,6FS+1 day	3	222	2	254	1	262
9	8FS	7	533	6	595	5	577
10	9FS+1 day	3	189	2	217	1	224
11	10FS	6	577	7	515	5	533
12	11FS+1 day	3	189	2	217	1	224
13	12FS	7	515	6	533	5	577

No	Mối liên hệ	Lựa chọn 1		Lựa chọn 2		Lựa chọn 3	
		T	C	T	C	T	C
14	13FS+1 day	3	189	2	217	1	224
15	14FS	7	567	6	586	5	635
16	15FS+1 day	3	177	2	203	1	209
17	16FS	7	569	6	589	5	638
18	17FS+1 day	3	177	2	203	1	209
19	18FS	7	569	6	589	5	638
20	19FS+1 day	3	177	2	203	1	209
21	20FS	7	569	6	589	5	638
22	21FS+1 day	3	177	2	203	1	209
23	22FS	7	626	6	647	5	701
24	23FS+1 day	3	195	2	223	1	230
25	24FS	7	626	6	647	5	701
26	25FS+1 day	3	195	2	223	1	230
27	26FS	7	626	6	647	5	701
28	27FS+1 day	3	195	2	223	1	230
29	28FS	7	626	6	647	5	701
30	29FS+1 day	3	195	2	223	1	230
31	30FS	7	619	6	640	5	693
32	31FS+1 day	3	37	2	43	1	44
33	32FS	7	107	6	111	5	120

Dữ liệu trong Bảng 2 cho biết tiến độ (ngày) và chi phí (triệu đồng) của từng sự lựa chọn trong mỗi công tác gộp. Bài toán 1 với trung bình ba phương thức lựa chọn cho mỗi công tác trong tổng số 33 công tác, tạo nhiều sự lựa chọn để hoàn thành dự án. Mỗi sự kết hợp có thể có một tác động và kết quả duy nhất trong việc thực thi thực hiện dự án, có nghĩa là nhà quản lý dự án phải tìm kiếm một số lượng lớn các giải pháp tiềm năng để tìm những thiết lập một sự cân bằng tối ưu giữa tiến độ và chi phí. Với việc sử dụng Dynamo để chuyển dữ liệu từ mô hình Revit thành dữ liệu đầu vào thuật toán tối ưu. Khi mô hình Revit thay đổi, thì dữ liệu đầu vào bài toán tối ưu thay đổi. Chính vì thế giúp các nhà thầu, nhà quản lý dự án rút ngắn thời gian tính toán lại dữ liệu đầu vào, từ đó kết quả tối ưu sẽ được tìm ra nhanh hơn. Hình 10 Mô tả quy trình chuyển đổi từ Revit thành dữ liệu đầu vào bài toán.



**Hình 10.** Quy trình chuyển đổi từ Revit thành dữ liệu đầu vào bài toán tối ưu





- Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A comparative study of artificial bee colony algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 214(1), 108-132.
- Karaboga, D., & Basturk, B. (2008). On the performance of Artificial Bee Colony (ABC) algorithm. *Applied Soft Computing*, 8(1), 687-697.
- Karaboga, D., Gorkemli, B., Ozturk, C., & Karaboga, N. (2014). A comprehensive survey: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm and applications. *Artificial Intelligence Review*, 42(1), 21-57.
- Meyer, W. L., & Shaffer, L. R. (1963). *Extensions of the critical path method through the application of integer programming* (Vol. 2). Urbana, IL: Department of Civil Engineering, University of Illinois.
- Ng, S. T., & Zhang, Y. (2008). Optimizing construction time and cost using ant colony optimization approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(9), 721-728.
- Panda, A., & Pani, S. (2016). A symbiotic organisms search algorithm with adaptive penalty function to solve multi-objective constrained optimization problems. *Applied Soft Computing*, 46, 344-360.
- Pham, L. H., & Duong, N. T. (2010). Nghiên cứu ứng dụng thuật toán ACO (Ant colony optimization) tối ưu thời gian và chi phí cho dự án xây dựng [Research and apply ACO (Ant colony optimization) algorithm to optimize time and cost for construction projects]. *Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ*, 13, 17-26.
- Pham, T. T. (2009). Xây dựng chương trình tối ưu hoá theo chỉ tiêu thời gian và chi phí trên sơ đồ mạng [Establishing an optimizing program by time and cost standars for network diagram]. *Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, 30, 48-54.
- Rekaby, A. (2014). Different artificial bee colony algorithms and relevant case studies. In *Intelligent systems for science and information* (pp. 111-120). Cham, Switzerland: Springer.
- Tran, H. D., Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2016). A novel Multiple Objective Symbiotic Organisms Search (MOSOS) for time-cost-labor utilization tradeoff problem. *Knowledge-Based Systems*, 94, 132-145.
- Yang, I. T. (2007). Using elitist particle swarm optimization to facilitate bicriterion time-cost trade-off analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(7), 498-505.

