

# SỬ DỤNG PHẦN MỀM EZStrobe MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH ĐÀO HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHOAN NỔ

NGUYỄN TIÊN TĨNH, ĐỖ NHƯ TRÁNG, BÙI ĐỨC NĂNG\*

*Simulation of drill and blast tunneling method by using EZStrobe software*

**Abstract:** The paper presents the application of EZStrobe software to simulate drill and blast tunneling method. An example was performed in which the opening method is full section, at the Deo Ca Road Tunnel Project. The results show the suitability and development prospects of the model.

**Keywords:** simulation, EZStrobe, drill and blast method, tunneling.

## 1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, việc sử dụng phương pháp mô phỏng quá trình trong xây dựng được coi là một trong những phương pháp hiệu quả nhất để mô hình hóa, phân tích và hiểu các quy trình liên quan đến phân tích và lập kế hoạch cho các dự án xây dựng [4]. Sử dụng mô phỏng quá trình, các hoạt động thực tế có thể được mô hình hóa một cách hợp lý và toàn bộ quá trình xây dựng có thể được phân tích sâu, do đó các vấn đề tiềm ẩn có thể được xác định. Hơn nữa, có thể phân tích một loạt các khía cạnh của xây dựng, chẳng hạn như: chi phí của toàn bộ dự án, năng suất, số lượng tài nguyên cần thiết để nâng cao một mức năng suất nhất định (phân bổ tài nguyên) và lập kế hoạch hiện trường. Thông tin này có thể hữu ích và có giá trị cho các nhà quản lý xây dựng trong công trường, để các quy trình có thể được thiết kế lại và các nguồn lực được phân bổ lại, nếu cần thiết, để cải thiện năng suất của hoạt động xây dựng.

Trong lĩnh vực xây dựng hầm, mô phỏng cũng đã được áp dụng và đem lại một số kết quả nhất định. Theo nghiên cứu của tác giả Đặng Trung Thành [4], tóm tắt vai trò của mô phỏng quá trình đối với hoạt động xây dựng hầm như sau:

- Lập kế hoạch dự án;
- Phân tích các tắc nghẽn để xác định các yếu tố gây ra sự chậm trễ của hệ thống;
- Dự đoán hiệu suất hệ thống trong các điều kiện khác nhau;
- Kiểm tra cải tiến năng suất và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên;
- Đưa ra so sánh các kịch bản xây dựng hầm thay thế.

Các kết quả có được phần lớn là nhờ vào sự phát triển của các hệ thống mô phỏng (các phần mềm mô phỏng) - công cụ không thể thiếu của phương pháp mô phỏng. Trong số đó có phần mềm EZStrobe do P.G. Ioannou và cộng sự [10] phát triển và được giới thiệu, ứng dụng trong bài báo này.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Những vấn đề cơ bản về mô phỏng

#### a) Bản chất của phương pháp mô phỏng

Phương pháp mô phỏng có thể được định nghĩa như sau [8]:

“Mô phỏng là quá trình xây dựng mô hình toán học của hệ thống thực và sau đó tiến hành tính toán thực nghiệm trên mô hình để mô tả, giải thích và dự đoán hành vi của hệ thống thực”.

Theo định nghĩa này có ba điểm cơ bản mà mô phỏng phải đạt được. Thứ nhất là phải có mô hình toán học tốt tức mô hình có tính đồng nhất cao với hệ thực đồng thời mô hình được

\* Học viện kỹ thuật quân sự  
236 Hoàng Quốc Việt, Cổ Nhuế, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

mô tả rõ ràng thuận tiện cho người sử dụng. Thứ hai là phải có khả năng làm thực nghiệm trên mô hình tức là có khả năng thực hiện các chương trình máy tính để xác định các thông tin về hệ thực. Cuối cùng là khả năng dự đoán hành vi của hệ thực tức có thể mô tả sự phát triển của hệ thực theo thời gian.

Bản chất của phương pháp mô phỏng là xây dựng một mô hình số (Model Numerically), tức mô hình được thể hiện bằng các chương trình máy tính, sau đó tiến hành các “thực nghiệm” trên mô hình để tìm ra các đặc tính của hệ thống được mô phỏng. Số lần “thực nghiệm” về lý thuyết được tăng lên vô cùng lớn [2].

#### *b) Các bước nghiên cứu mô phỏng*

Khi tiến hành nghiên cứu mô phỏng thông thường phải thực hiện qua 10 bước như sau [2]:

- (1) Xây dựng mục tiêu mô phỏng và kế hoạch nghiên cứu.
- (2) Thu thập dữ liệu và xác định mô hình nguyên lý.
- (3) Hợp thức hóa mô hình nguyên lý
- (4) Xây dựng mô hình mô phỏng trên máy tính.
- (5) Chạy thử
- (6) Kiểm chứng mô hình mô phỏng
- (7) Lập kế hoạch thử nghiệm
- (8) Thử nghiệm mô phỏng
- (9) Xử lý kết quả mô phỏng
- (10) Sử dụng và lưu trữ kết quả.

Ở kết quả bước 4, người ta xây dựng được những chương trình trên máy tính, còn gọi là *mô hình số* hay *mô hình mô phỏng*. Như vậy, người sử dụng có thể căn cứ vào mục tiêu mô phỏng và kế hoạch nghiên cứu của mình để lựa chọn các mô hình số có sẵn phù hợp để thực hiện việc mô phỏng hệ thống cần nghiên cứu.

#### *c) Các ngôn ngữ mô phỏng*

Các phần mềm mô phỏng chuyên dụng được gọi là ngôn ngữ mô phỏng và thiết bị mô phỏng. Ngôn ngữ mô phỏng bao gồm nhiều khối chuẩn, người sử dụng chỉ cần nạp các thông số cần thiết, nối các khối theo một logic định trước, cho mô hình chạy trong thời gian mô phỏng và

nhận được các kết quả dưới dạng bảng số hoặc đồ thị. Sử dụng các ngôn ngữ mô phỏng có rất nhiều ưu điểm như:

- Thời gian xây dựng mô hình ngắn.
- Dễ dàng thay đổi cấu trúc và thông số của mô hình.
- Dễ gỡ rối, sửa chữa sai sót.
- Các kết quả được xử lý tốt, thuận tiện cho việc sử dụng.

## **2.2. Sự phát triển của các hệ thống mô phỏng trong lập kế hoạch và phân tích các hoạt động xây dựng**

Việc áp dụng mô phỏng máy tính vào việc lập kế hoạch và phân tích các hoạt động xây dựng đã được Halpin giới thiệu qua phương pháp mô hình hóa CYCLONE (dựa trên mô phỏng sự kiện rời rạc) vào năm 1973 [5]. Một phát triển của CYCLONE là phần mềm MicroCYCLONE ra đời vào những năm 1980 [6]. Người sử dụng CYCLONE có thể nghiên cứu về các hoạt động xây dựng như vận chuyển đất, làm mặt đường, đào hầm, xây dựng phân đoạn một kết cấu trên cao, đổ bê tông nhà cao tầng... [7]. Các chương trình mô phỏng cải tiến xuất phát từ CYCLONE có thể kể đến INSIGHT, RESQUE, UM-CYCLONE, ABC, DISCO, HSM và HKCONSIM [4].

Từ đầu những năm 1990 đến năm 2000, sự phát triển về khả năng mô hình hóa và mô phỏng trong ngôn ngữ lập trình đã được tập trung chú ý và một số hệ thống mô phỏng mới đã ra đời. Điển hình là COOPS của Liu và Ioannou, CIPROS của Odeh, Tommelein và cộng sự, STEPS của McCahill và Bernold, STROBOSCOPE của Martinez và Ioannou, Symphony của AbouRizk và Hajjar [4]. Giai đoạn sau này người ta hướng tới việc tích hợp mô phỏng với các công cụ khác, đặc biệt về tính trực quan, ví dụ: Xu và AbouRizk đã giới thiệu cách tích hợp mô hình 3D AutoCAD với mô phỏng máy tính để tạo điều kiện cho việc ra quyết định tốt hơn trong quá trình xây dựng; Kamat và Martinez đã giới thiệu ngôn ngữ

Vitascope, một hệ thống mô phỏng sự kiện rời rạc được thiết kế tích hợp với khả năng hiển thị 3D để mô phỏng các ứng dụng xây dựng [4].

### **3. GIỚI THIỆU VỀ PHẦN MỀM MÔ PHỎNG EZSTROBE**

#### **3.1. Cơ sở của phần mềm mô phỏng EZStrobe**

Một trong những phát triển mới nhất trong mô phỏng sự kiện rời rạc của các hoạt động xây dựng là Stroboscope [9], một ngôn ngữ lập trình mô phỏng đa năng, có khả năng mô hình hóa và mô phỏng các hoạt động xây dựng phức tạp. Các khối xây dựng tương tự như CYCLONE được sử dụng trong mô hình. Stroboscope giữ lại cơ chế mô phỏng AS (quét hoạt động - Activity Scanning), nhưng sử dụng ngôn ngữ mục đích chung (hàm, ràng buộc, biến...) để tăng cường khả năng mô phỏng. Trong Stroboscope, không cần bổ sung chu kỳ hoạt động riêng biệt để mô hình hóa các hoạt động với các tài nguyên tương tự.

EZStrobe [10] là một hệ thống mô phỏng sự kiện rời rạc dựa trên các Sơ đồ chu trình hoạt động (Activity Cycle Diagrams - ACD) mở rộng và có chú thích. Nó sử dụng công cụ mô phỏng của Stroboscope và cũng tuân theo mô thức mô phỏng quét hoạt động ba pha. Một mô hình mô phỏng EZStrobe được thể hiện hoàn toàn bằng một mạng đồ họa, có các nút và liên kết được xây dựng bằng đồ họa kéo và thả từ khuôn mẫu EZStrobe. Logic hoàn chỉnh của một mô hình EZStrobe được thể hiện hoàn toàn bởi mạng ACD và luôn hiển thị. Tất cả các liên kết được chú thích để hiển thị các điều kiện khởi động cho các hoạt động và định tuyến tài nguyên. Dung lượng ban đầu của các hàng đợi được hiển thị trên mạng. Không có các câu lệnh logic ẩn.

EZStrobe được phát triển và chạy trong Microsoft Visio. Với một mạng đồ họa ban đầu, EZStrobe tạo ra mô hình tương đương bằng cách sử dụng các câu lệnh Stroboscope và gửi nó đến Stroboscope để thực hiện mô phỏng.

Quá trình đó là tự động hóa và hoàn toàn ẩn đối với người dùng. Do đó, học và sử dụng EZStrobe không yêu cầu kiến thức về Stroboscope cũng như không sử dụng Stroboscope trực tiếp. Kết quả một mô phỏng EZStrobe được hiển thị trong cửa sổ đầu ra của Stroboscope và trong Visio bằng cách nhấp chuột phải vào từng nút.

#### **3.2. Mô hình hoạt hình để xác minh mô phỏng**

EZStrobe cung cấp mô hình đồ họa và tương tác để xác minh (gỡ lỗi) bằng phương thức mô hình hoạt hình. Các khả năng hoạt hình của nó được thiết kế dành riêng cho nhà phát triển mô hình để hiểu và có được niềm tin vào tính chính xác của mô hình. Hình động minh họa lại trạng thái động của mô phỏng (ví dụ: dung lượng hiện tại của hàng đợi và số lượng phiên bản hoạt động đang diễn ra) và các sự kiện diễn ra trong quá trình mô phỏng (ví dụ: khi một phiên bản của một hoạt động bắt đầu hoặc kết thúc, khi hàng đợi nhận được tài nguyên hoặc khi tài nguyên chảy qua các liên kết).

#### **3.3. Đầu ra của mô phỏng**

Bởi vì một ACD EZStrobe được chú thích là một miêu tả hoàn chỉnh của một hoạt động, trong hầu hết các trường hợp, không cần thêm đầu vào cơ bản nào để chạy mô phỏng. Đối với các mô phỏng không dừng lại một cách tự nhiên (tức là, có khả năng có thể chạy mãi mãi), cần phải chỉ định một điều kiện kết thúc mô phỏng. Trong EZStrobe, điều kiện này có thể được chọn bằng cách chỉ định giới hạn về thời gian mô phỏng hoặc số lần diễn ra một hoạt động cụ thể. Mục đích của việc mô phỏng một hoạt động là để có được các số liệu thống kê của năng suất. Theo mặc định, EZStrobe sẽ tạo một báo cáo bao gồm thời gian mô phỏng và thông tin về các hoạt động và hàng đợi của mô hình.

### **4. MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH ĐÀO HÀM BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHOAN NỔ TRÊN PHẦN MỀM EZSTROBE**

#### **4.1. Trường hợp nghiên cứu**

Trong các nghiên cứu trước đây [3] đã giới

thiếu về việc xây dựng và áp dụng một mô hình xác định/tiền định để đánh giá tốc độ của quá trình đào hầm bằng phương pháp khoan nổ. Các mô hình tiền định là các mô hình toán học mà trong đó các kết quả được xác định thông qua các mối quan hệ đã biết giữa các trạng thái và sự kiện mà chưa xét đến sự biến đổi ngẫu nhiên. Điều này có nghĩa là chỉ xem xét đến các khoảng thời gian trung bình của các hoạt động và số liệu năng suất trung bình của các nguồn lực. Trong thực tế, các yếu tố này thay đổi ngẫu nhiên do nhiều nguyên nhân khác nhau. Việc sử dụng mô hình mô phỏng cho phép mô tả tính ngẫu nhiên của thời gian hoạt động và năng suất của thiết bị. Từ kết quả mô phỏng cho phép đưa ra các đánh giá và quyết định về tổ chức, quản lý trong xây dựng đường hầm, chẳng hạn như sử dụng tài nguyên hoặc các phương án thi công khác nhau.

Trong bài báo này, chúng tôi vẫn dựa trên trường hợp dự án hầm Đèo Cả như trong [3] để xây dựng mô hình mô phỏng và phân tích tốc độ đào hầm, cụ thể cho gói thầu 1A-2, đoạn Km5+470 đến Km5+900. Về công nghệ thi

công hầm, liên danh các nhà thầu đã áp dụng công nghệ NATM. Phương án thi công là thực hiện đào toàn tiết diện với mặt gương thẳng đứng gồm các bước cơ bản như sơ đồ hình 1 [3]. Phương án thi công là thực hiện đào toàn tiết diện với mặt gương thẳng đứng gồm các bước cơ bản như sơ đồ hình 1 [4]. Chiều dài một chu kỳ khoan nổ được giới hạn từ 2 ÷ 4m, khi tính toán lấy trung bình bằng 3m. Đất đá có hệ số rời bằng 1,4.



Hình 1. Trình tự thi công trong kết cấu chống đỡ loại B (đào toàn tiết diện)

#### 4.2. Chuẩn bị dữ liệu cho mô hình

Các biến về tài nguyên sử dụng trong mô hình của dự án đường hầm Đèo Cả được mô tả trong bảng 2, trong đó thể hiện ký hiệu biến trên mô hình và giá trị thực của chúng. Các biến ExcvSoil và DmpdSoil được tự động xác định trong quá trình mô phỏng.

Bảng 2. Các biến về tài nguyên sử dụng trong mô hình

TT	Mô hình biến	Ký hiệu biến	Giá trị
1	Số lượng xe chở đất	nSoilTr	5
2	Sức chứa của xe tải (m <sup>3</sup> )	TruckCap	12
3	Số lượng xe chở vật liệu chống tạm	nMatTr	1
4	Số lượng máy xúc	nLdrs	1
5	Số lượng máy khoan	nJumbo	2
6	Số lượng xe tải kiểu sàn	nPlatfTrck	2
7	Số nhân công làm việc trong một chu kỳ	nCrew	9
8	Số lượng đất đá đào phá trong một chu kỳ (m <sup>3</sup> )	SoilAmt	336
9	Lượng đất đá đào được (m <sup>3</sup> )	ExcvSoil	n.a.
10	Lượng đất đổ tại khu vực xử lý đất (m <sup>3</sup> )	DmpdSoil	n.a.

Phân phối xác suất thời lượng của từng hoạt động sử dụng trong mô hình mô phỏng được liệt

kê trong bảng 3. Dựa trên các số liệu thu thập được từ hồ sơ thi công của nhà thầu và tham

khảo ý kiến chuyên gia, tiến hành phân tích thống kê, các tác giả đi tới quyết định sử dụng mô tả đa số các thời lượng hoạt động theo phân phối tam giác (Triangular). Phân phối dạng tam giác có thể mạnh hơn so với phân phối chuẩn đó là không xét đến thời gian âm. Ngoài ra sử dụng phân phối dạng tam giác vì những lí do như sau [1]:

- Việc lựa chọn loại hàm phân phối cho thời lượng công tác không phải là ở dạng phân phối xác suất mà cái chính là nó phải diễn tả được gần đúng tính chất phân phối xác suất của công việc và mục tiêu mô phỏng. Với mục đích đó, hàm phân phối dạng tam giác đều thỏa mãn các yêu cầu nói trên;

- Phân phối tam giác phù hợp với trường hợp mà thông tin về quá khứ không đầy đủ để xác định phân phối thực của công tác. Ta chỉ cần ba ước lượng thời gian: thời gian thuận lợi

(a), thời gian không thuận lợi (b), và thời gian bình thường (m) là có thể diễn tả được phân phối thời lượng công việc. Do đó rất dễ đơn giản tính toán;

- Trong phương pháp mô phỏng, chỉ cần những thông tin cơ bản của phân phối tam giác nhưng thông qua quá trình mô phỏng hàng nghìn lần, thì theo luật số lớn, kết quả vẫn rất gần với thực tế;

- Phân phối tam giác có khoảng giới hạn như phân phối beta. Do đó, nó phù hợp với những giới hạn về năng suất, thời gian và chi phí trong thực tế;

- Tương tự phân phối beta, hình dạng của phân phối tam giác của nó có thể méo lệch tùy theo các thời gian ước lượng. Do đó, nó diễn tả được tính chất của các yếu tố năng suất, thời gian và chi phí.

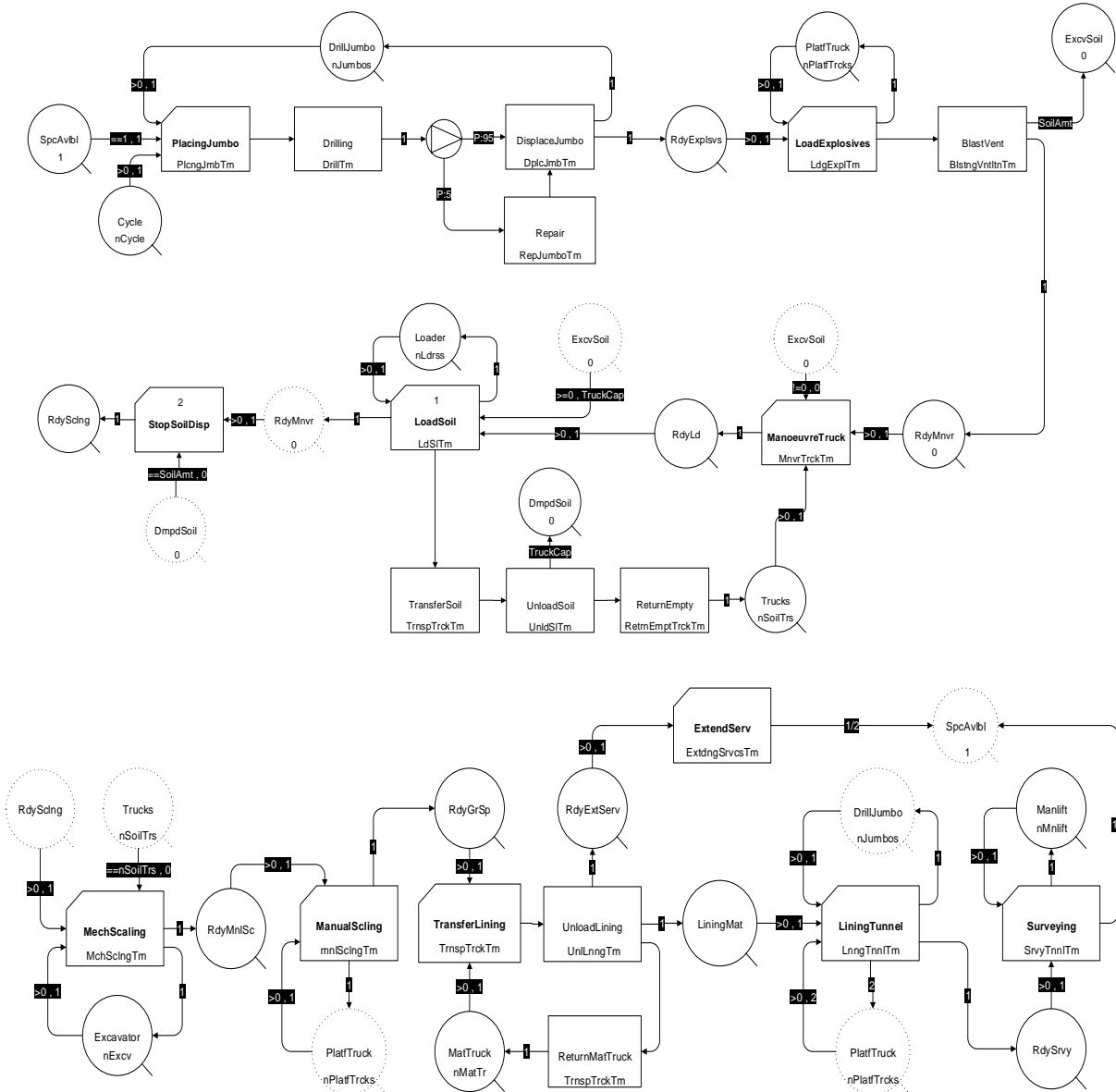
**Bảng 3. Phân phối xác suất thời lượng của các hoạt động sử dụng trong mô hình**

TT	Mô hình hoạt động	Ký hiệu biến	Giá trị (phút)
1	Lắp đặt máy khoan	PlngJmbTm	Triangular[25,30,40]
2	Khoan lỗ mịn	DrillTm	Triangular[296,345,394]
3	Di chuyển máy khoan	DsplngJmbTm	Triangular[15,20,25]
4	Sửa chữa máy khoan	RepJumboTm	Uniform[20,40]
5	Nạp thuốc nổ	LdgExplTm	Triangular[80,90,100]
6	Nổ và thông gió	BlstnVntltnTm	Triangular[60,75,90]
7	Sắp xếp xe tải đất vào vị trí	MnvrTrckTm	Triangular[2,3,5]
8	Bóc xúc đất đá lên xe	LdSITm	Triangular[9,10,12]
9	Vận chuyển đất đá thải	TrnspTrckTm	Triangular[11,13,26]
10	Đổ bỏ đất đá thải	UnldSITm	Triangular[3,5,10]
11	Xe tải đất (rỗng) quay vào	TrnspTrckTm	Triangular[11,13,26]
12	Dọn khoang đào bằng máy	MchScIngTm	Triangular[5,10,15]
13	Dọn khoang đào bằng thủ công	MnlScIngTm	Triangular[15,20,25]
14	Vận chuyển vật liệu chống tạm	TrnspTrckTm	Triangular[11,13,26]
15	Dỡ vật liệu chống tạm khỏi xe	UnlLnngTm	Triangular[5,7,10]
16	Xe chở vật liệu (rỗng) quay ra	TrnspTrckTm	Triangular[11,13,26]
17	Chống tạm đường hầm	LnngTnnlTm	Triangular[25,30,40]
18	Kiểm tra tình trạng khoang đào	SrvyTnnlTm	Triangular[20,30,45]
19	Mở rộng hệ thống phụ trợ	ExtndngSrvcsTm	Triangular[20,30,40]

### 4.3. Mô hình mô phỏng trong EZStrobe

Thực hiện phân tích quá trình đào hầm bằng khoan nổ với các công đoạn chính thể hiện trên hình 1, được chi tiết hóa thành các công đoạn như sau: Khoan lỗ mìn → Nạp thuốc nổ → Nổ

và thông gió → Vận chuyển đất đá thải → Nạo vét khoang đào bằng máy và thủ công → Chống đỡ, gia cố → Khảo sát, chuẩn bị cho chu kỳ tiếp theo. Trên cơ sở đó, lập mô hình mô phỏng như thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô hình mô phỏng quá trình đào hầm bằng khoan nổ trên EZStrobe

Mô hình đã thiết lập được kiểm tra lỗi bằng chạy mô hình hoạt hình. Kết quả cho thấy mô hình đã hoạt động chính xác, có thể sử dụng để tiến hành mô phỏng

### 4.4. Một số kết quả mô phỏng và nhận xét

#### a) Về thời gian hoàn thành các công việc:

Để có kết quả phù hợp với yêu cầu thống kê,

quy hoạch số trường hợp mô phỏng ngẫu nhiên là 100.000 lần. Trong mô hình EZStrobe, số lần lặp lại tối đa là 10.000 trên 1 lần chạy mô hình, vì vậy phải thực hiện 10 lần chạy mô hình. Từ kết quả của 10 lần chạy mô hình, thực hiện phân tích thống kê bằng các hàm Excel, kết quả cho trong bảng 4.

**Bảng 4. Thời gian chu kỳ (thời gian chuyển dịch gương đào)  
và tốc độ đào xác định bằng mô phỏng**

	Giá trị trung bình	Độ lệch	Giá trị lớn nhất	Giá trị nhỏ nhất
Thời gian chu kỳ (giờ)	18,32192	0,67882	19,86435	18,32192
Tốc độ đào (m/24giờ)	3,93516	0,14696	4,23802	3,62458

So sánh với kết quả tính toán từ mô hình tiên định [3] trong 3 trường hợp:

i) Khi các hệ số hiệu quả  $u_i = 1$ :

+ Tốc độ đào (tra từ đồ thị hình 3):  $0,1837 \cdot 24 = 4,4568$  (m/ngày)

+ Thời gian chu kỳ (thời gian dịch chuyển gương):  $3/0,1837 = 16,3310$  (giờ)

ii) Khi hệ số hiệu quả liên quan đến giai đoạn khoan nổ  $u_1 = 0,9$ :

+ Tốc độ đào (tra từ đồ thị hình 3):  $0,1737 \cdot 24 = 4,1688$  (m/ngày)

+ Thời gian chu kỳ:  $3/0,1737 = 17,2712$  (giờ)

iii) Trường hợp các hệ số hiệu quả  $u_i$  đều bằng 0,9:

+ Tốc độ đào (từ các công thức của mô hình tiên định):  $0,1653 \cdot 24 = 3,9672$  (m/ngày)

+ Thời gian chu kỳ:  $3/0,1653 = 18,3486$  (giờ).

*Nhận xét:* Có thể thấy, kết quả mô phỏng về gần nhất với trường hợp 3 của mô hình tiên định là trường hợp có kể đến các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất, được lượng hóa bằng các hệ số hiệu quả  $u_i < 1$ .

b) Về hiệu quả sử dụng thiết bị theo thời gian:

Trong số các thiết bị sử dụng để thi công, được quan tâm nhất là việc bố trí dây chuyền máy bốc xúc - xe vận chuyển đất và thời gian làm việc của thiết bị bốc xúc vì đây là công đoạn chiếm thời lượng lớn trong cả chu kỳ. Các thông tin thu nhận được từ quá trình mô phỏng cho thấy thời gian chờ của máy xúc (thông số Average Wait của hàng đợi Loader) theo 10 lần chạy mô phỏng như trong bảng 5.

**Bảng 5. Thời gian chờ của máy xúc từ kết quả quá trình mô phỏng**

Lần chạy mô phỏng	Thời gian chờ của máy xúc (Average Wait) - phút	Lần chạy mô phỏng	Thời gian chờ của máy xúc (Average Wait) - phút
1	30,58838	6	27,90763
2	27,87987	7	26,68060
3	28,22480	8	24,96764
4	29,49733	9	27,68233
5	27,22330	10	28,22645

Như vậy, thời gian chờ của máy xúc tương ứng với thời gian chu kỳ của trường hợp có khả năng xảy ra nhất  $T_{ck} = 18,32192$  (giờ) là 27,5877 phút.

*Nhận xét:* Trong mô hình tiên định [3], để làm giảm thời gian chu kỳ vận chuyển, đồng thời phát huy hết công suất của máy xúc, đã

lựa chọn số xe vận tải là 6, khi đó máy xúc sẽ làm việc liên tục. Điều này xảy ra nhờ giả thiết đơn giản hóa, cho rằng đoàn xe sẽ tạo thành một hàng, vào vị trí để nhận, được chất đầy đất đá và quay ra theo hàng, tức là chúng chạy theo vòng kín và tốc độ xe không đổi theo dự kiến. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng

cho thấy trong thực tế, giả thiết trên sẽ khó, thậm chí không xảy ra.

## 5. KẾT LUẬN

Việc sử dụng thời lượng công việc theo xác suất trong mô hình mô phỏng đã phản ánh bản chất của quá trình thi công với các yếu tố không lường trước được mà trong mô hình tiên định chỉ có thể phán đoán và lượng hóa bằng các giá trị hệ số theo chủ quan. Nhờ đó, mô phỏng cho được các đánh giá về các khả năng xảy ra trong cùng một phương án trong trường hợp thuận lợi nhất (giá trị min) và khó khăn nhất (giá trị max) bên cạnh trường hợp có khả năng xảy ra nhất (giá trị trung bình). Nếu sử dụng nhiều phương án để so sánh thì bức tranh càng sáng rõ, giúp cho người quản lý đưa ra quyết định phù hợp với thực tế. Điều này với mô hình tiên định là rất khó khăn.

Từ cơ sở của mô hình được thiết lập trên đây, có thể dựa trên các kịch bản theo các phương án thi công khác nhau, với những điều kiện đầu vào khác nhau để thiết lập các mô hình mô phỏng tương ứng và chạy mô hình lấy các kết quả, từ đó so sánh, lựa chọn phương án tốt nhất có thể trong các điều kiện ràng buộc từ nhiều phía. Nội dung này xin được trình bày ở nghiên cứu tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lại Hải Đăng, Lưu Trường Văn (2007). Mô phỏng tiến độ thi công công trình bằng phương pháp Monte Carlo. Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2/2007, tr.46-52.

2. Nguyễn Công Hiền, Nguyễn Thị Thục Anh (2006). Mô hình hóa hệ thống và mô phỏng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.

3. Nguyễn Tiến Tĩnh, Bùi Đức Năng, Trần Anh Bảo (2019). Sử dụng mô hình xác định đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến tốc độ của quá trình thi công hầm bằng phương pháp khoan nổ. Tạp chí Người Xây dựng, số tháng 9 & 10/2019, tr.52-54.

4. Trung Thanh Dang (2013). Analysis of microtunnelling construction operations using process simulation. Doctor's dissertation, Bochum University, FRG.

5. Halpin. DW (1973). An Investigation of the Use of Simulation Networks for Modeling Construction Operations, Ph.D. Dissertation. University of Illinois, Urbana, Illinois.

6. Halpin, D. W. (1990). MicroCYCLONE System Manual. Division of Construction Engineering and Management, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

7. Halpin, D. W., and Riggs, L. S., (1992). Planning and Analysis of Construction Operations. John Wiley and Sons, New York, USA

8. Hoover, S. V., & Perry, R. F. (1989). Simulation: a problem-solving approach (p. 300). Reading, MA: Addison-Wesley.

9. Martinez, J. C. (1996). STROBOSCOPE: State and Resource Based Simulation of Construction Process, Ph.D. Dissertation. University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA.

10. Martinez, J. C. (2001, December). EZStrobe-general-purpose simulation system based on activity cycle diagrams. In Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference (Cat. No. 01CH37304) (Vol. 2, pp. 1556-1564). IEEE.

---

*Người phân biện:* PGS, TSKH VŨ CAO MINH