

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH THỜI GIAN THI CÔNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG MÁY ĐÀO HẦM LOẠI NHỎ CÓ XÉT ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ CỐ

TS. ĐẶNG TRUNG THÀNH  
Trưởng Đại học Mỏ-Địa Chất

**T**rong 20 năm trở lại đây hơn 1000 máy đào hầm loại nhỏ (MĐHLN) đã và đang sử dụng để thi công các công trình ngầm (CTN) có tiết diện nhỏ. Hiện nay công nghệ thi công bằng máy MĐHLN đã có những tiến bộ vượt bậc, rất nhiều công trình được hoàn thành với tốc độ thi công cao, an toàn và hiệu quả. Tuy nhiên, bên cạnh thành công cũng đã có không ít các sự cố kỹ thuật xảy ra trong quá trình thi công để lại hậu quả rất lớn về kinh tế và đôi khi về con người. Thời gian 1 năm để khắc phục sự cố chìm đầu đào khi thi công bằng MĐHLN tại dự án thoát nước kênh Nhiêu Lộc-Thị Nghè là một ví dụ điển hình. Thực tế thời gian hoàn thành CTN bằng MĐHLN phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau như: sự cố, thời tiết, điều kiện thi công, điều kiện địa chất, địa chất thủy văn công trình, trình độ tổ chức thi công, kinh nghiệm điều khiển máy đào hầm,... Trong khi đó, phương pháp thi công CTN bằng MĐHLN đòi hỏi cơ giới hóa cao, công tác quản lý và tổ chức đào hợp lý. Do đó để nâng cao tốc độ đào cần phải có kế hoạch kiểm soát, điều chỉnh, phối hợp các công việc trong một chu kỳ. Qua khảo sát thực tế, việc phân tích và dự báo thời gian hoàn thiện công trình có xét đến ảnh hưởng của sự cố là một hoạt động vô cùng quan trọng trong bất cứ công trình cụ thể nào. Đây là thông tin quan trọng mà chủ đầu tư cũng như nhà thầu thi công luôn muốn có để đưa ra những quyết định đúng đắn, kịp thời.

Phương pháp mô hình hóa hệ thống được sử dụng rất rộng rãi hơn 50 năm qua. Tùy từng mục đích nghiên cứu các tác giả có thể xây dựng mô hình mô phỏng trình tự thi công, điều kiện địa chất khu vực thi công, nguồn lao động, nhân công, nguyên vật liệu được yêu cầu trong quá trình xây dựng. Với sự kết hợp của máy tính và các phương pháp mô phỏng khác nhau về máy đào hầm, một số CTN sử dụng MĐHLN đã đạt hiệu quả cao hơn.

Trong bài báo sử dụng module MiSAS kết hợp với công thức thực nghiệm để dự báo thời gian thi công CTN bằng MĐHLN có xét đến ảnh hưởng của sự cố.

## 1. Tổng quan về nghiên cứu, áp dụng mô hình hóa hệ thống trong xây dựng công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ

Nghiên cứu áp dụng phương pháp mô hình hóa hệ thống được sử dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như kinh tế, kỹ thuật, môi trường,... Tuy nhiên việc áp dụng nó trong thi công CTN bằng MĐHLN còn hạn chế. Bài báo tóm tắt một số nghiên cứu, sử dụng phương pháp mô hình hóa hệ thống xây dựng module mô phỏng khi thi công CTN bằng MĐHLN của các tác giả khác.

Nido (1999) phát triển module mô phỏng dựa trên mô hình hóa hoạt động CYCLONE có thể đánh giá và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất của MĐHLN. Phương pháp phân tích độ nhạy được sử dụng để phân tích kết quả của mô hình. Số liệu đầu vào của mô hình được tổng hợp từ ngoài hiện trường như điều kiện, thi công, địa chất, ảnh hưởng của sự cố,... Ngoài ra, module được sử dụng để dự toán chi phí xây dựng của công trình và năng suất làm việc của máy đào hầm loại nhỏ [4].

Dựa trên nghiên cứu của Nido, Roy và Mohammad (2007) phát triển module nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của điều kiện địa chất khác nhau đến thời gian thi của MĐHLN tại một đường hầm thực tế được xây dựng trong trường Đại học kỹ thuật Louisiana. Kết quả của mô hình chỉ ra rằng hoàn toàn có thể dự đoán được thời gian hoàn thành công trình có xét đến các điều kiện đất đá khác nhau bằng cách áp dụng mô hình hóa hệ thống. Ngoài ra, phương pháp phân tích độ nhạy được sử dụng trong module có thể giúp tối ưu hóa



được số người làm việc trên công trường giúp giảm chi phí thi công. Toàn bộ kết quả của mô hình được thực hiện qua website miễn phí WebCYCLONE của trường Đại học Purdue [5].

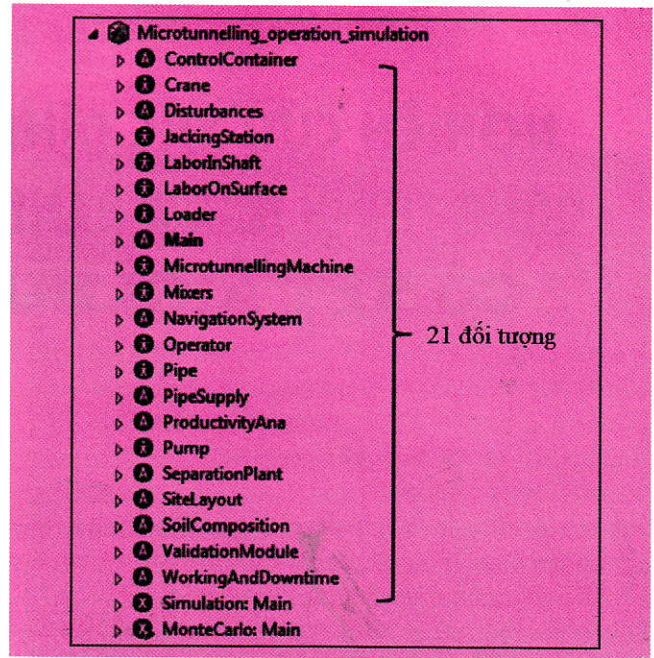
M. Marzouk (2010) phát triển một module mô phỏng, qua đó có thể lập được biểu đồ tổ chức thi công hợp lý. Module được xây dựng trên phương pháp mô hình hóa hệ thống CYCLONE kết hợp với ngôn ngữ lập trình Microsoft Visual Basic 6.0. Trong module lớn có sáu module nhỏ được lập trình mô phỏng các quy trình cần thiết trong thi công bằng MĐHLN. Người sử dụng module có thể phân tích, đánh giá được các chi phí cần thiết trong mỗi giai đoạn thi công. Ngoài ra module còn có thể ước lượng được thời gian thi công trong từng giai đoạn và tính toán được nhân công, chi phí cho từng hạng mục khác nhau trong dự án.

Qua nghiên cứu tổng quan cho thấy rằng đến nay việc áp dụng phương pháp mô hình hóa hệ thống trong xây dựng CTN bằng MĐHLN ít được quan tâm. Đặc biệt việc nghiên cứu ảnh hưởng của sự cố đến tốc độ thi công bằng MĐHLN chưa được nghiên cứu. Trong bài báo này tác giả sử dụng module MiSAS kết hợp với công thức tính thời gian giải quyết sự cố của Mohamed và Gary (2007) để phân tích quá trình thi công CTN bằng MĐHLN.

**2. Module MiSAS và thời gian xử lý sự cố**

**2.1. Module MiSAS**

Module MiSAS (Microtunnelling Statistic Analysis and Simulation) có nghĩa là thống kê, phân tích và mô phỏng MĐHLN. Hiện tại module MiSAS chỉ áp dụng cho MĐHLN sử dụng hệ thống vận chuyển đất đá thải bằng thủy lực. Module được xây dựng và phát triển dựa trên ngôn ngữ mô hình hóa hệ thống SysML kết hợp với phần mềm AnyLogic. Module MiSAS gồm 21 module nhỏ (H.1) mô tả hoạt động của MĐHLN. Các module nhỏ được lập trình bằng Java. Trong đó 12 module nhỏ được thiết kế, lập trình mô tả hoạt động của các thiết bị được sử dụng khi thi công CTN bằng MĐHLN (ví dụ: các hoạt động của máy đào; hệ thống tách bentonit và đất đá thải; cần trục; hệ thống kích dầy; buồng điều khiển; hệ thống định vị; hệ thống bơm; máy trộn bentonit,...). Ba module được thiết kế để có thể phân tích kết quả đầu ra (ví dụ: tiến độ thi công, dự báo thời gian của một công trình khi có hoặc không có sự cố, mô phỏng hình ảnh động 3D,...). Sáu module khác được lập trình với các giao diện nhập để người sử dụng có thể nhập dữ liệu đầu vào như: thông tin về chiều dài, tiết diện CTN, số nhân công, thời gian hoạt động của các thiết bị được sử dụng tại công trường hay module miêu tả sự cố,...



H.1. Giao diện 21 module nhỏ được sử dụng trong module MiSAS

**2.2. Xác định thời gian xử lý sự cố**

Theo Mohamed và Gary (2007) [3], thời gian để giải quyết sự cố khi thi công CTN bằng máy đào hầm loại nhỏ được chia ra ba trường hợp và mỗi trường hợp có thể được xác định bằng công thức sau:

Trường hợp 1: Thi công với hiệu quả cao (HQ<sub>c</sub>):  
 $HQ_c = e^{0.011166(chieudaicongtrinh,m)+5.337}$  (1)

Trường hợp 2: Thi công với hiệu quả trung bình (HQ<sub>tb</sub>):  
 $HQ_{tb} = e^{0.011166(chieudaicongtrinh,m)+5.628}$  (2)

Trường hợp 3: Thi công với hiệu quả thấp (HQ<sub>th</sub>):  
 $HQ_{th} = e^{0.011166(chieudaicongtrinh,m)+5.919}$  (3)

Ba công thức trên được áp dụng cho máy đào hầm loại nhỏ sử dụng hệ thống vận chuyển đất đá thải bằng thủy lực, công trình có chiều dài nhỏ hơn 400 m, đường kính ống kích từ 400 đến 1760 mm, phù hợp với hệ thống kích dầy có lực đẩy 700 tấn và có lực cắt nhỏ hơn 300 tấn.

**3. Ví dụ tính toán**

Qua khảo sát hiện trường và phân tích số liệu, công trình BV Recklinghausen V.8 và V.15 tại thành phố Recklinghausen, CHLB Đức có đủ các điều kiện được đề cập trong mục 2.2 để có thể áp dụng công thức của Mohamed và Gary2. Do đó tác giả lấy làm ví dụ tính toán cho Module MiSAS. Dự án BV Recklinghausen V.8 và V.15 nằm trong tổng thể dự án thi công 11 km đường ống thoát và bảo vệ nguồn nước tại thành phố Recklinghausen. Chiều dài dự án V.8 khoảng



145 m và nằm trong đá vôi. Chiều sâu công trình khoảng 8,7 m, độ dốc 2,6 độ và DN1200 là tên của ống kích ép. Đường kính bên trong 1,2 m, đường kính bên ngoài 1,56 m và 4,0 m là chiều dài của ống kích ép. Điều kiện thi công thuận lợi, thi công bằng máy AVN 1200 T với hệ thống vận chuyển đất đá thải bằng thủy lực. Dự án V.15 có chiều dài 86,23 m nằm trong sét, 50 m đầu tiên của công trình nằm trong sét, đất có tính dính kết cao, 35m cuối hoàn toàn trong cát. Chiều sâu công trình khoảng 7,3 m, độ dốc 1,3 độ và sử dụng ống loại DN1000. Đường kính bên trong 1,0 m, đường kính bên ngoài 1,46 m và 4,02 m là chiều dài ống kích ép. Điều kiện thi công thuận lợi, thi công bằng máy AVN 1200C với hệ thống vận chuyển đất đá thải bằng thủy lực.

### 3.1. Số liệu đầu vào

Số liệu sử dụng chạy module MiSAS là số liệu thực tế được thu thập tại hai công trình BV Recklinghausen V.8 và V.15. Các thông số ảnh hưởng đến tốc độ thi công như: thời gian gắn ống kích vào cần trục; thời gian vận chuyển ống kích ép đến miệng giếng; thời gian hạ ống kích; thời gian đặt và điều chỉnh ống kích; thời gian nối 2 ống kích ép với nhau; thời gian kết nối dây cáp và ống dẫn; quá trình kích đẩy; quá trình thu hồi hệ thống kích đẩy; thời gian ngắt kết nối dây cáp và ống dẫn; thời gian vận chuyển đất đá; thời gian để pha trộn bentonit được thống kê trong vòng 10 ngày bằng cách sử dụng một chiếc đồng hồ dừng lại ở công trường và được thể hiện trong Bảng 1 [1].

Bảng 1. Thời gian kết thúc từng công việc tại công trình BV Recklinghausen V.8

Số tt	Tên công việc	Thời gian nhỏ nhất, phút	Thời gian lớn nhất, phút	Thời gian trung bình, phút
1	Thời gian gắn ống kích vào cần trục	0,42	1,0	0,5
2	Vận chuyển ống kích đến miệng giếng	0,5	1,0	0,7
3	Thời gian hạ ống	0,85	1,6	1,25
4	Thời gian đặt và điều chỉnh ống kích	1,2	2,7	1,65
5	Thời gian nối các ống kích ép	2,5	4,0	3,33
6	Thời gian kết nối dây cáp và ống dẫn	43,0	82,3	52,3
7	Thời gian kích đẩy	120	271	155
8	Quá trình thu hồi hệ thống kích đẩy	3,33	5,5	4,5
9	Thời gian tháo cáp và ống dẫn	15,0	22,3	19,0
10	Thời gian vận chuyển đất đá thải	18	23	23
11	Thời gian trộn bentonit	19,5	21,2	21,2

Bảng 2. Thời gian kết thúc từng công việc tại công trình BV Recklinghausen V.15

Số tt	Tên công việc	Thời gian nhỏ nhất, phút	Thời gian lớn nhất, phút	Thời gian trung bình, phút
1	Thời gian gắn ống kích vào cần trục	1,00	2,0	1,50
2	Vận chuyển ống kích đến miệng giếng	0,75	1,25	1,0
3	Thời gian hạ ống	1,10	1,70	1,3
4	Thời gian đặt và điều chỉnh ống kích	1,30	2,1	1,6
5	Thời gian nối các ống kích ép	0,75	1,20	1,1
6	Thời gian kết nối dây cáp và ống dẫn	15,51	19,20	17,4
7	Thời gian kích đẩy:			
	Sét, đất dính kết	234,23	336,32	280,0
	Cát, cuội sỏi	83,45	138,34	124,0
8	Quá trình thu hồi hệ thống kích đẩy	1,20	1,50	1,35
9	Thời gian tháo cáp và ống dẫn	11,23	13,12	11,59
10	Thời gian vận chuyển đất đá thải	13,48	25,00	15,38
11	Thời gian trộn bentonit	16,32	21,45	18,21

### 3.2. Kết quả

Nhập các dữ liệu của công trình BV

Recklinghausen V.8 và V.15 vào module MiSAS theo dữ liệu của Bảng 1 và 2.



Chạy module với 5000 lần lặp mô phỏng và kết quả được ghi lại trong Bảng 3. Bảng 3 so sánh thời gian hoàn thành dự án từ thực tế và kết quả mô phỏng bằng MiSAS. Thời gian chính xác hoàn thành dự án BV Recklinghausen V.8 là 11400 phút. Thời gian hoàn thành dự án theo mô phỏng là 10430,6, 10792,4 và 11266,0 lần lượt cho các trường hợp hiệu quả cao, hiệu quả trung bình và hiệu quả thấp. Các kết quả

cho thấy rằng thời gian hoàn thành công việc theo MiSAS nhỏ hơn 4 % cho trường hợp hiệu quả thi công cao (HQ<sub>c</sub>); nhỏ hơn khoảng 2 % cho trường hợp hiệu quả thi công trung bình (HQ<sub>tb</sub>) và nhỏ hơn khoảng 1 % cho trường hợp hiệu quả thi công thấp (HQ<sub>th</sub>). Qua kết quả so sánh chứng minh rằng kết quả giữa thời gian hoàn thành công trình thực tế và mô phỏng là trùng khớp.

Bảng 3. Bảng so sánh kết quả thời gian thi công thực tế và theo MiSAS

Tên dự án	Thời gian thực tế, phút	Thời gian mô phỏng		
		HQ <sub>c</sub>	HQ <sub>tb</sub>	HQ <sub>th</sub>
BV Recklinghausen V.8	11400	10430,6	10792,4	11266,7
BV Recklinghausen V.15	7200	5989,6	6177,2	6423,3

#### 4. Kết luận

Trong bài báo trình bày cách tiếp cận mới để xác định thời gian hoàn thành dự án có xét đến sự ảnh hưởng của các sự cố. Module mô phỏng được đề cập trong bài báo được xây dựng bằng sự kết hợp giữa ngôn ngữ mô hình hóa hệ thống SysML và phần mềm AnyLogic. Ngoài ra, Module có thể sử dụng để đánh giá tốc độ thi công cũng như ảnh hưởng của điều kiện đất đá khác nhau đến tốc độ thi công, tính toán được thời gian làm việc hay ngừng nghỉ của hệ thống máy đào hầm. □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dang, T. T., 2013. Analysis of microtunnelling construction operations using process simulation. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau und Umweltingenieurwissenschaften, Shaker Verlag, ISBN 978-3-8440-2454-8.
2. Marzouk, M., M. Abdallah, and M. El-Said., 2010. Modelling microtunnelling projects using computer simulation. Journal of Construction Engineering and Management 136(6), 670-682.
3. Mohamed, Y. H. and R. S. Gary (2007). Delay time analysis in microtunneling projects. Journal of Construction Engineering and Management 133(2), 191-195.
4. Nido, A. A., C. J. Knies, and D. M. Abraham., 1999. Role of operation simulation in the analysis and improvement of microtunnelling projects. Tunneling and Underground Space Technology 14(1), 1-19.
5. Roy, Y. L. and N. Mohammad., 2007. Productivity study of microtunneling pipe installation using simulation. Journal of Infrastructure Systems 13(3), 247-260.

**Người biên tập: Võ Trọng Hùng**

**Từ khóa:** module mô phỏng; các sự cố; mô hình hóa; hệ thống SysML; phần mềm AnyLogic

**Ngày nhận bài:** 08-11-2015

**Ngày duyệt đăng bài:** 12-10-2016

#### SUMMARY

In last 20 years, there are more than 1000 Micro Tunnel Boring Machines (MTBM) has been used for tunnel constructions with small cross-section. There are a lot of projects used MTBM's frequently do not reach their targeted production performance. Reasons can be technical failures, insufficient capacity dimensioning, organizational deficiencies, or sensitive supply chains, some technical problems is occurred in the process of construction. One year in order to fix the disturbances at project in Nhiều Lộ-Thị Nghè canal is a typical example. The time to finish the project is important information that investors as well as contractor need to make the decisions during construction process. Therefore, the MiSAS module combined with the empirical formula is used in the paper for predicting the construction time of tunnel with MTBM considering the effects of the disturbances. Moreover, two actual projects at the city of Recklinghausen, Germany, is used for the study case.