



# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUAN TRẮC TRỰC TUYẾN VÀ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LÔ GIC MỜ TRONG CẢNH BÁO HIỆN TƯỢNG THAN TỰ CHÁY MỎ HẦM LÒ

Nguyễn Xuân Đồng<sup>1,\*</sup>, Trần Hoài Nam<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Vinh<sup>1</sup>, Nguyễn Phan Quyền<sup>1</sup>  
Nguyễn Công Hiệu<sup>2</sup>, Trần Hải Dương<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa, 156 A Quán Thánh, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Công ty TNHH MTV Phát triển Công nghệ Điện tử, Tự động hóa, 156 A Quán Thánh, Hà Nội, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 22/9/2024

Ngày nhận bài sửa: 24/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 30/10/2024

<sup>1,\*</sup>Tác giả liên hệ:

Email: bienman.062000@gmail.com

## TÓM TẮT

Than tự cháy là hiện tượng nguy hiểm tiềm ẩn trong khai thác than hầm lò, dẫn đến nguy cơ cháy nổ, mất an toàn lao động. Quan trắc và cảnh báo kịp thời hiện tượng than tự cháy sẽ giúp giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản, nâng cao hiệu quả khai thác. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đề xuất ứng dụng kỹ thuật lô gic mờ trong thiết kế xây dựng hệ thống quan trắc trực tuyến cảnh báo diễn biến của than tự cháy trong các mỏ than hầm lò.

**Từ khóa:** lô gic mờ, hệ thống quan trắc trực tuyến, than tự cháy.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong mỏ than hầm lò, hiện tượng cháy nội sinh có thể xảy ra ở bất kỳ vị trí nào, nơi than có khả năng tiếp xúc với nguồn ôxy bổ sung liên tục từ nguồn thông gió mỏ, đồng thời có khả năng ủ nhiệt (thường là vị trí kín gió, gió quẩn, thoát nhiệt kém). Những khu vực có nguy cơ cao phát sinh cháy nội sinh là: Vùng phá hỏa phía sau lò chợ, các khu vực đường lò cụt hoặc ít sử dụng với chế độ thông gió kém.

Hiện nay, các mỏ than hầm lò ngày càng xuống sâu và diện tích khai trường ngày càng mở rộng, bên cạnh đó là điều kiện địa chất - kỹ thuật mỏ phức tạp. Hệ quả là, các hiện tượng cháy nội sinh đã xuất hiện với tần suất ngày càng gia tăng. Có thể kể đến các hiện tượng cháy nội sinh đầu tiên được ghi nhận ở vỉa 4 mỏ Khe Chuối (TCT Đông Bắc) năm 2008, vỉa 24 khu Tràng Khê - Công ty than Hồng Thái (nay là

Công ty than Uông Bí) năm 2010, khu vực mỏ hầm lò rìa moong Khánh Hòa (2011 - 2017). Từ năm 2017 đến nay, cháy nội sinh ở các mỏ than hầm lò đã gia tăng cả về tần suất và số lượng các vỉa than/mỏ than, như V10 TBII Công ty Than Mạo Khê; Vĩa 9B Công ty Than Uông Bí; V7, V10 Công ty CP Than Hà Lâm; V14 Công ty than Quang Hanh,... làm gián đoạn sản xuất, tăng nguy cơ mất an toàn, tốn kém nhiều chi phí để khôi phục sản xuất [1].

Ở các nước có nền công nghiệp than phát triển lâu đời như Nga, Ba Lan, Trung Quốc, Nhật Bản,... đã có nhiều công trình nghiên cứu cũng như kinh nghiệm thực tế trong việc xử lý với vấn đề cháy nội sinh trong mỏ hầm lò, thể hiện qua các biện pháp kỹ thuật, công nghệ trong đánh giá, phân loại, cảnh báo than tự cháy trong phòng thí nghiệm cũng như thiết lập những thiết bị, hệ thống quan trắc giám sát trực tuyến.

Hiện nay các phương pháp, kết quả nghiên cứu, số liệu, dữ liệu, thông tin về tính tự cháy của than tại các mỏ hầm lò Việt Nam còn rất hạn chế, đơn giản. Các giải pháp xử lý, kiểm soát cháy đôi khi hiệu quả thấp và còn mang tính xử lý tình huống, đơn lẻ, chưa xây dựng được các giải pháp tổng thể, lâu dài, hiệu quả. Do đó, để góp phần nâng cao mức độ an toàn trong khai thác than hầm lò cho giai đoạn trước mắt cũng như lâu dài, cần thiết phải xây dựng được hệ thống tự động quan trắc, cảnh báo hiện tượng cháy nội sinh trong mỏ hầm lò.

## 2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Tổng quan các thiết bị, hệ thống quan trắc than tự cháy

#### a) Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than TW-8K

Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than TW-8K do Nhật Bản sản xuất, Hình 1a, là loại thiết bị đo cầm tay chuyên dụng trong công tác quan trắc than tự cháy đang sử dụng tại Công ty Than Uông Bí, Hà Lâm,... Hàng ca, nhân viên của mỏ có nhiệm vụ mang máy đi đo, ghi chép số liệu và báo cáo kết quả lên cấp trên để theo dõi, xử lý. Thiết bị TW-8K sử dụng pin sạc, có thể sử dụng nhiều hơn 8 giờ sau mỗi lần sạc đầy.

#### b) Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than YWP300

Máy đo nhiệt độ vỉa than YWP300 của Trung Quốc, Hình 1b, là một loại thiết bị cầm tay được sử dụng để đo nhiệt độ của vỉa than sâu trong các lỗ khoan.

#### c) Hệ thống quan trắc than tự cháy KJ2000X

Hệ thống bao gồm: Thiết bị đo khí CO mã hiệu GTH1000(A) và thiết bị đo nhiệt độ GWP100(A). Hệ thống này có kiến trúc truyền thông mạng vòng hiện đại, được triển khai nhiều ở Trung Quốc. Thiết bị đo CO GTH1000(A) có chức năng đo hàm lượng khí CO, sử dụng cảm biến điện hóa. Các thông số được hiển thị trên màn hình LCD. Thiết bị cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng khi hàm lượng CO vượt ngưỡng, cảnh báo điện áp nguồn nuôi thấp. Thiết bị đo GWP100(A) có chức năng đo nhiệt độ trong vỉa than, sử dụng cảm biến là các cặp nhiệt điện. Các thiết bị đo nhiệt độ GWP100(A) được lắp đặt cách nhau 100 m dọc vỉa than. Các cảm biến được đưa vào trong ống, luồn sâu vào bên trong vỉa khoảng 5-7 m với đường kính lỗ 15 mm. Trong khi đó, các thiết bị đo CO mã GTH1000(A) được lắp đặt tại vị trí dọc theo luồng gió nhằm phát hiện nguồn phát sinh khí CO khi có hiện tượng tự cháy của than. Số lượng thiết bị đo CO có thể được cài đặt tùy theo tình hình thực tế.



Hình 1. Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than.

Từ nghiên cứu các tính năng, công nghệ ta rút ra một số tiêu chí so sánh cơ bản các thiết bị/hệ thống, như được trình bày trên Bảng 1. Kinh nghiệm và kết quả nghiên cứu trên thế giới là cơ sở để nghiên cứu

thiết kế xây dựng hệ thống quan trắc trực tuyến than tự cháy trong mỏ hầm lò, được trình bày trong phần tiếp theo của bài báo.

**Bảng 1. Tổng hợp các thiết bị/hệ thống nước ngoài và so sánh một số tiêu chí cơ bản**

TT	Thiết bị/Hệ thống	Công nghệ sử dụng			Mức độ hiện đại
		Đo nhiệt độ	Đo khí CO	Truyền thông	
1	Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than TW-8K	Sử dụng cảm biến cặp nhiệt điện	Không có	Không có	Bình thường
2	Thiết bị đo nhiệt độ vỉa than đa điểm YWP300	Sử dụng cảm biến cặp nhiệt điện	Không có	Tần số 200-1000Hz, RS485, Wifi	Khá hiện đại
3	Hệ thống quan trắc than tự cháy KJ2000X	Sử dụng cảm biến cặp nhiệt điện	Sử dụng cảm biến điện hóa	- RS485; - Mạng Ethemet	Hiện đại

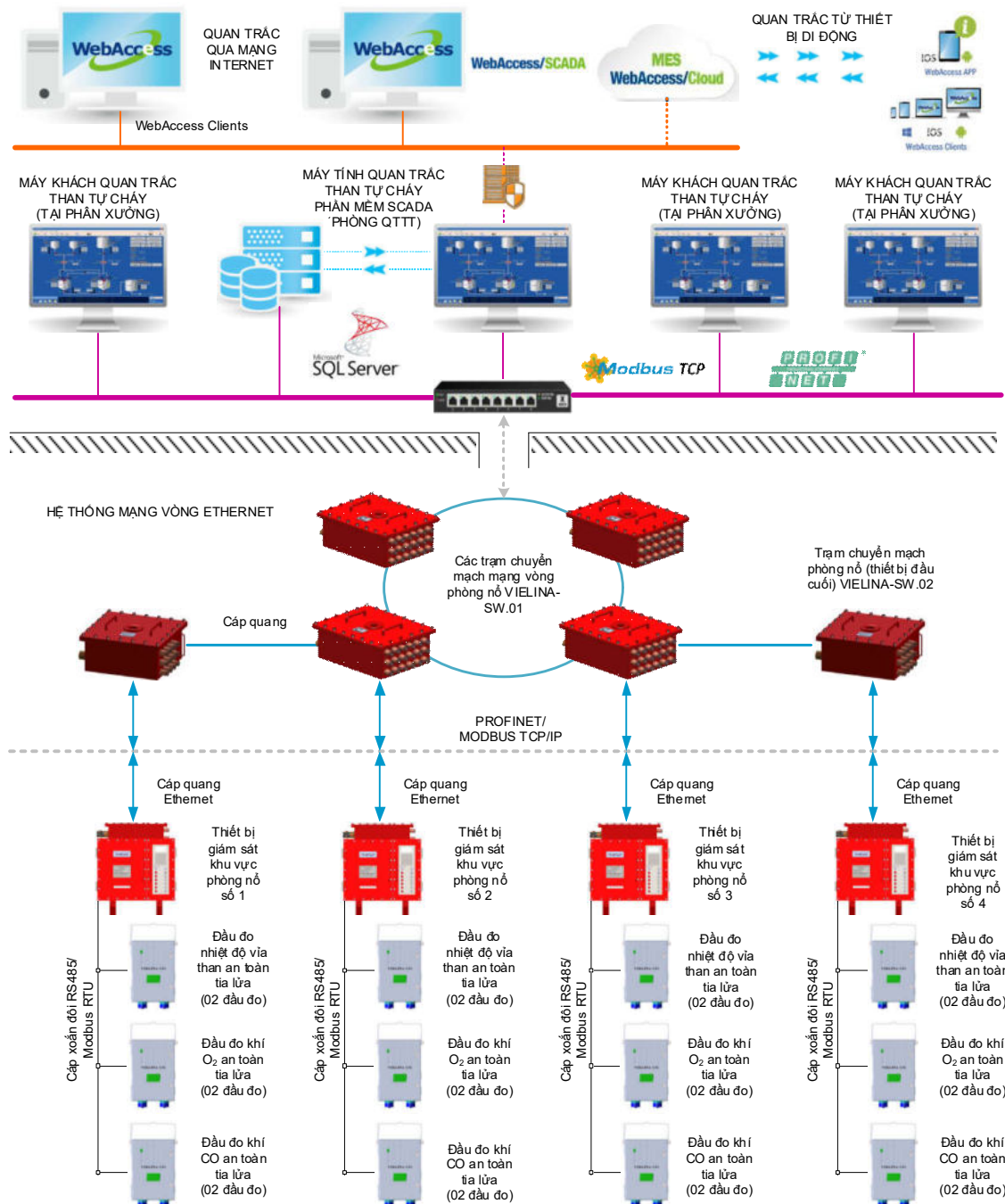
**2.2. Luận giải các thông số cần quan trắc của hệ thống**

Kết quả nghiên cứu về than tự cháy được công bố trong các công trình [1], [7] chỉ ra rằng quy luật các loại khí sinh ra trong quá trình ôxy hóa mẫu than trong phòng thí nghiệm gồm: Nhiệt độ, hàm lượng khí CO, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>... Các thông số như H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> có thay đổi nhưng ở nhiệt độ cao (>100 °C), hàm lượng khí CO<sub>2</sub> hầu như không thay đổi. Do đó, những thông số này không có ý nghĩa nhiều trong quan trắc trực tuyến và cảnh báo sớm hiện tượng cháy nội sinh trong mỏ hầm lò. Trong khi đó, nhiệt độ vỉa than, hàm lượng khí CO, hàm lượng khí O<sub>2</sub> thay đổi ngay từ giai đoạn ủ nhiệt do đó chúng được sử dụng là các thông

số chính trong hệ thống quan trắc, cảnh báo hiện tượng cháy nội sinh trong mỏ hầm lò và đây cũng là những thông số mà hầu hết các thiết bị/hệ thống quan trắc của nước ngoài sử dụng [4],[5],[7], [8].

**2.3. Thiết kế cấu trúc hệ thống quan trắc trực tuyến than tự cháy trong mỏ hầm lò**

Dựa trên các thông số quan trọng cần quan trắc đã được xác định ở phần trước, hệ thống quan trắc trực tuyến được thiết kế nhằm đảm bảo khả năng giám sát và cảnh báo sớm hiện tượng cháy nội sinh trong mỏ hầm lò, theo nhu cầu thực tế và xu hướng hệ thống SCADA hiện đại thế hệ mới. Theo đó, cấu trúc hệ thống được đề xuất thiết kế như được trình bày trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống quan trắc than tự cháy trong mỏ hầm lò.

Từ Hình 2 ta thấy, hệ thống bao gồm các thành phần: Trung tâm giám sát, cảnh báo (đặt tại phòng điều khiển); Hệ thống truyền thông; Hệ thống trạm thiết bị phân tán gồm thiết bị giám sát khu vực phòng nổ, đầu đo nhiệt độ vỉa than, đầu đo khí CO an toàn tia lửa, đầu đo khí O<sub>2</sub> an toàn tia lửa.

- Trung tâm giám sát, cảnh báo bao gồm các máy

tính được đặt tại phòng giám sát điều khiển trung tâm. Các máy tính kết nối vào hệ thống qua cổng mạng LAN và trao đổi thông tin với các thiết bị tại hiện trường theo giao thức truyền thông như Profinet. Phần mềm có chức năng: Hiển thị nhiệt độ vỉa than dưới dạng số và đồ thị; Hiển thị hàm lượng khí dưới dạng số và đồ thị; Hiển thị cảnh báo và hướng xử lý

lỗi; Cài đặt ngưỡng cảnh báo; Lưu trữ số liệu; Chức năng phân quyền,...

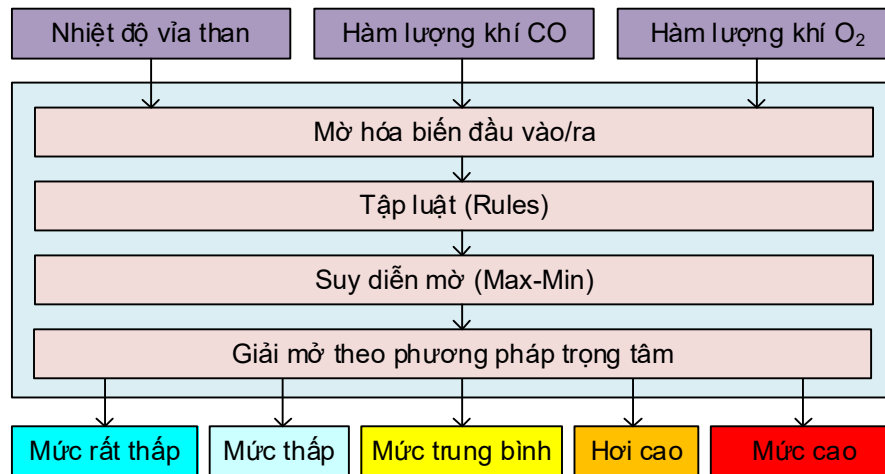
- Hệ thống truyền thông được thiết kế có hai mạng LAN riêng biệt, một mạng LAN dùng riêng cho kết nối hệ thống máy chủ SCADA với các trạm giám sát khu vực, một mạng LAN khác dùng riêng cho kết nối các máy tính client với các máy chủ SCADA. Để tăng độ tin cậy, mạng LAN thứ nhất được thiết kế theo công nghệ mạch vòng, các bộ chuyển mạch chuyên dụng có hỗ trợ tính năng kết nối mạng vòng.

- Hệ thống trạm thiết bị phân tán là các hệ thống thiết bị trong hầm lò gồm các loại: Thiết bị giám sát khu vực phòng nổ, đầu đo nhiệt độ vỉa than, đầu đo khí CO, đầu đo khí O<sub>2</sub>. Các thiết bị giám sát khu vực phòng nổ kết nối với các đầu đo qua giao thức

Modbus RTU và kết nối với máy tính qua hệ thống mạng vòng với giao thức Profinet.

**2.4 Cảnh báo hiện tượng than tự cháy trong mỏ hầm lò với kỹ thuật lô gic mờ**

Lô gic mờ hay còn gọi là hệ chuyên gia được xem là phương pháp lập luận gần gũi với khả năng nhận thức của con người, có khả năng quyết định tương tự như con người. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất ứng dụng kỹ thuật lô gic mờ để cảnh báo mức độ than tự cháy. Các biến đầu vào trong hệ thống là nhiệt độ, hàm lượng khí CO, O<sub>2</sub> và mức độ cảnh báo hiện tượng than tự cháy là biến đầu ra. Hình 3 mô tả quá trình xử lý dữ liệu đầu vào và ra dựa trên phương pháp lô gic mờ.



**Hình 3. Quá trình xử lý dữ liệu trong mô đun phần mềm cảnh báo ứng dụng lô gic mờ.**

Quá trình xử lý dữ liệu được trình bày trên Hình 3 gồm các công đoạn chính là: Khâu mờ hóa biến đầu vào/ra có nhiệm vụ chuyển đổi các giá trị chính xác của các biến đầu vào thành các tập mờ, tức là các mức đánh giá như "thấp", "trung bình", "cao", v.v. Khối xử lý tập luật (Rules) là quá trình xử lý những quy tắc (rules) được thiết lập dựa trên quan hệ giữa các biến đầu vào để xác định kết quả đầu ra. Ví dụ, nếu hàm lượng CO cao và nhiệt độ cao, có thể suy ra mức độ nguy hiểm. Khâu suy diễn mờ (Max-Min) áp dụng các quy tắc đã thiết lập để suy luận kết quả đầu ra. Giá trị đầu ra mờ sẽ dựa trên việc so sánh mức độ phù hợp của các quy tắc và xác định giá trị

mờ thích hợp. Sau khi có kết quả mờ, quá trình giải mờ được thực hiện để chuyển giá trị mờ này thành một kết quả rõ ràng, thường là một con số hoặc mức đánh giá cụ thể. Cuối cùng, kết quả đầu ra sẽ rơi vào một trong các mức: Mức rất thấp, Mức thấp, Mức trung bình, Hơi cao hoặc Mức cao, tương ứng với các trạng thái an toàn hay cảnh báo liên quan đến nhiệt độ, hàm lượng khí CO và O<sub>2</sub>. Tập luật của hệ mờ được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu về hiện tượng than tự cháy [1], [7] và các công trình nghiên cứu khoa học công bố [4],[5],[7], [8].

Theo đó, tập luật được đề xuất gồm 27 luật được trình bày trong Bảng 2.



Bảng 2. Xây dựng tập luật

Luật	Đầu vào			Đầu ra (Mức độ cảnh báo)
	Hàm lượng O <sub>2</sub>	Nhiệt độ	Hàm lượng CO	
Rule1	Thấp	Thấp	Cao	Hơi cao
Rule2	Thấp	Thấp	Trung bình	Trung bình
Rule3	Thấp	Thấp	Thấp	Thấp
Rule4	Thấp	Trung bình	Cao	Hơi cao
Rule5	Thấp	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Rule6	Thấp	Trung bình	Thấp	Trung bình
Rule7	Thấp	Cao	Cao	Cao
Rule8	Thấp	Cao	Trung bình	Cao
Rule9	Thấp	Cao	Thấp	Trung bình
Rule10	Trung bình	Thấp	Cao	Trung bình
Rule11	Trung bình	Thấp	Trung bình	Thấp
Rule12	Trung bình	Thấp	Thấp	Rất thấp
Rule13	Trung bình	Trung bình	Cao	Trung bình
Rule14	Trung bình	Trung bình	Trung bình	Thấp
Rule15	Trung bình	Trung bình	Thấp	Rất thấp
Rule16	Trung bình	Cao	Cao	Cao
Rule17	Trung bình	Cao	Trung bình	Hơi cao
Rule18	Trung bình	Cao	Thấp	Thấp
Rule19	Cao	Thấp	Cao	Trung bình
Rule20	Cao	Thấp	Trung bình	Thấp
Rule21	Cao	Thấp	Thấp	Rất thấp
Rule22	Cao	Trung bình	Cao	Trung bình
Rule23	Cao	Trung bình	Trung bình	Thấp
Rule24	Cao	Trung bình	Thấp	Rất thấp
Rule25	Cao	Cao	Cao	Hơi cao
Rule26	Cao	Cao	Trung bình	Trung bình
Rule27	Cao	Cao	Thấp	Thấp

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Kết quả xây dựng các thiết bị và phần mềm của hệ thống

Mô hình hệ thống xây dựng được bao gồm (chi tiết được trình bày trong Bảng 3): Trung tâm giám

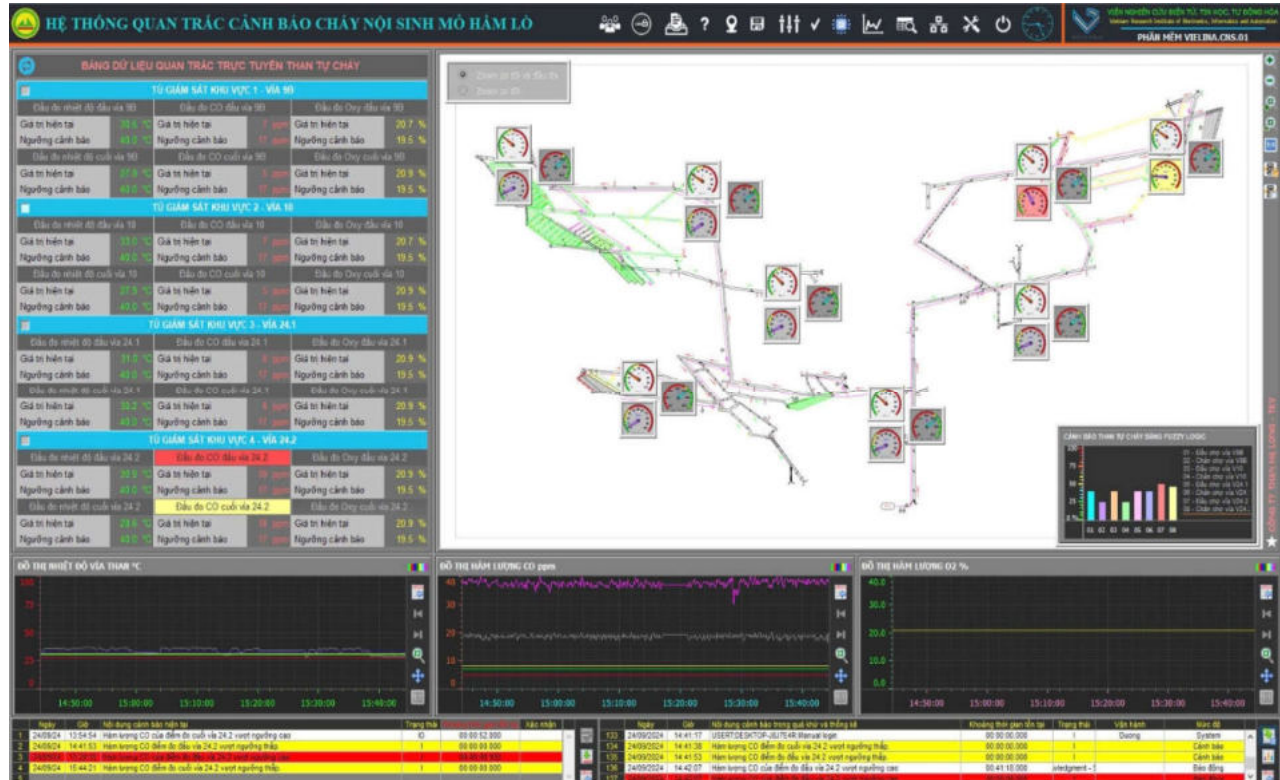
sát, cảnh báo (là máy tính chủ và phần mềm hệ thống); Trạm chuyển mạch mạng vòng Ethernet phòng nổ; Trạm chuyển mạch mạng Ethernet phòng nổ; Thiết bị giám sát khu vực phòng nổ (GSKVPN); Đầu đo nhiệt độ via than an toàn tia lửa; Đầu đo khí



CO an toàn tia lửa; Đầu đo khí O<sub>2</sub> an toàn tia lửa (ATTL).

Phần mềm hệ thống quan trắc trực tuyến than tự cháy trong mỏ hầm lò được xây dựng dựa trên WinCC Pro kết hợp với thư viện Scikit-fuzzy. Hình 4 trình bày giao diện người dùng được thiết kế xây

dựng một cách trực quan với các biểu tượng, sơ đồ đường lò, các số liệu được hiện thị dưới dạng số và đồ thị. Góc phải bên dưới là biểu đồ dạng cột hiển thị mức độ cảnh báo than tự cháy bằng lô gic mờ. Phần dưới cùng là các thông tin về cảnh báo khi có sự cố hoặc các điều kiện hoạt động bất thường.



Hình 4. Giao diện WinScada của phần mềm hệ thống.

Bảng 3. Danh mục các thiết bị phần cứng đã được xây dựng.

TT	Thiết bị	Số lượng	Phương án thực hiện
1	Trung tâm giám sát, cảnh báo	01	Thiết kế, xây dựng mới
2	Trạm chuyển mạch mạng vòng Ethernet phòng nổ	01	Tích hợp (VIELINA có sẵn)
3	Trạm chuyển mạch mạng Ethernet phòng nổ	01	Tích hợp (VIELINA có sẵn)
4	Thiết bị giám sát khu vực phòng nổ	04	Thiết kế chế tạo mới
5	Đầu đo nhiệt độ vỉa than an toàn tia lửa	08	Thiết kế chế tạo mới
6	Đầu đo khí CO an toàn tia lửa	08	Tích hợp (VIELINA có sẵn)
7	Đầu đo khí O <sub>2</sub> an toàn tia lửa	08	Thiết kế chế tạo mới

3.2 Các kết quả thử nghiệm và thảo luận

a) Thử nghiệm chức năng kết nối hệ thống

Thử nghiệm này được xây dựng để kiểm thử tính

ổn định của chức năng kết nối truyền thông. Các đầu đo kết nối với Thiết bị GSKVPN thông qua mạng truyền thông RS485 với giao thức Modbus RTU, mỗi



Thiết bị GSKVPN kết nối với 06 đầu đo (02 đầu đo mỗi loại) trong khi đó truyền thông từ 04 Thiết bị GSKVPN với máy tính chủ qua mạng Ethernet cấp quang. Cấu hình hệ thống thử nghiệm được trình bày trong Bảng 4.

**Bảng 4. Cấu hình hệ thống thử nghiệm chức năng kết nối truyền thông**

TT	Thiết bị	SL	Chức năng	Cấu hình
1	Máy tính	01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cài đặt cấu hình cho PLC và các module mở rộng</li> <li>- Chạy mô phỏng và monitor</li> <li>- Lập trình cho PLC để chỉnh sửa phần mềm trong quá trình thử nghiệm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processor: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-1135G7</li> <li>- Ram: 16.0 GB</li> <li>- Phần mềm công cụ: Tia Portal V17; KEPServerEX 6 Configuration</li> </ul>
2	Thiết bị GSKVPN	04	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đóng vai trò master Modbus RTU</li> <li>- Đọc số liệu đo lường và ngưỡng cảnh báo từ các đầu đo</li> <li>- Hiển thị thông số đo</li> <li>- Kết nối với máy tính</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLC: S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly</li> <li>- Module truyền thông: CB 1241</li> <li>- Module đầu vào tương tự: SM 1231</li> <li>- HMI: KTP400</li> <li>- Tốc độ quét truyền thông: 300ms</li> </ul>
3	Đầu đo nhiệt độ ATTL	08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đóng vai trò slave Modbus RTU</li> <li>- Đo lường nhiệt độ và truyền kết quả đo cho Thiết bị GSKVPN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Module vi xử lý,</li> <li>- Module hiển thị LCD</li> <li>- Module truyền thông RS485</li> <li>- Địa chỉ Modbus: 1 và 2 (02 đầu đo kết nối với 01 Thiết bị GSKVPN)</li> </ul>
4	Đầu đo khí CO ATTL	08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đóng vai trò slave Modbus RTU</li> <li>- Đo lường hàm lượng khí CO và truyền kết quả đo cho Thiết bị GSKVPN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Module vi xử lý</li> <li>- Module hiển thị LED</li> <li>- Module truyền thông RS485</li> <li>- Địa chỉ Modbus: 3 và 4 (02 đầu đo kết nối với 01 Thiết bị GSKVPN)</li> </ul>
5	Đầu đo khí O <sub>2</sub> ATTL	08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đóng vai trò slave Modbus RTU</li> <li>- Đo lường hàm lượng khí CO và truyền kết quả đo cho Thiết bị GSKVPN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Module vi xử lý</li> <li>- Module hiển thị LCD</li> <li>- Module truyền thông RS485</li> <li>- Địa chỉ Modbus: 5 và 6 (02 đầu đo kết nối với 01 Thiết bị GSKVPN)</li> </ul>

**Nhận xét chung về kết quả thử nghiệm chức năng kết nối truyền thông:** Sau một tháng thử nghiệm với khoảng 19.000 lần truyền nhận mỗi ngày (tính theo giờ làm việc), kết quả cho thấy hệ thống

kết nối giữa máy tính chủ, Thiết bị GSKVPN với các đầu đo qua mạng Ethernet và mạng RS485 sử dụng giao thức Modbus RTU đạt độ ổn định cao. Cấp truyền thông RS485 được sử dụng thử nghiệm là cáp



dùng trong mỏ hầm lò đôi dây xoắn có bọc nhiều loại 2x2x0.9 mm (điện trở 3Ω/100 m) với độ dài 1000 m, tỷ lệ lỗi truyền thông là 0.0%, từ đó cho thấy chất lượng truyền thông tốt. Các thử nghiệm tạo sự cố như: bật hay tắt nguồn điện cấp cho đầu đo và Thiết bị GSKVPN, tháo rời đầu nối lại cáp, tạo sự cố chạm chập rồi nhà dây tín hiệu của RS485 thì hệ thống vẫn tự khôi phục phiên truyền thông nhờ kỹ thuật Timeout. Hệ thống cũng hoạt động ổn định trong môi trường nhiễu được thiết lập bởi hệ biến tần và động cơ ba pha (1,5 kW). Những kết quả này khẳng định hệ thống có tính ổn định và độ tin cậy cao, đáp ứng yêu cầu ứng dụng trong thực tế mỏ hầm lò.

#### **b) Thử nghiệm chức năng cảnh báo ứng dụng kỹ thuật lò gic mờ**

Thử nghiệm được thực hiện nhằm kiểm thử mối quan hệ giữa các biến đầu vào (hàm lượng khí O<sub>2</sub>, CO và nhiệt độ) với mức độ cảnh báo trong các điều kiện khác nhau. Các đầu vào giả lập gồm nhiệt độ, hàm lượng khí CO, O<sub>2</sub> được hệ thống lấy mẫu theo chu kỳ 1.5 giây, dữ liệu đầu vào được mờ hóa, tiếp theo xử lý 27 luật kết hợp với cơ chế suy diễn mờ Max-Min để có tập mờ đầu ra, cuối cùng tính toán giải mờ theo phương pháp điểm trọng tâm. Kết quả đầu ra được hiển thị trên màn hình giao diện người dùng dưới dạng số và biểu đồ cột với màu sắc xanh, vàng, cam, đỏ để thể hiện mức độ cảnh báo khác nhau. Kết quả một số thử nghiệm với các giá trị đầu vào khác nhau cùng với các mức cảnh báo tương ứng được minh họa như trong Bảng 5.

- Thử nghiệm 1: Điều kiện đầu vào được thiết lập là hàm lượng khí O<sub>2</sub> (20.5%), CO (2.5 ppm), nhiệt độ (30 °C). Kết quả hiển thị mức độ cảnh báo chỉ là 11.8%. Như vậy, ở điều kiện hàm lượng khí O<sub>2</sub> cao, khí CO thấp và nhiệt độ thấp, mức độ cảnh báo là thấp, điều này cho thấy các điều kiện này ít có nguy cơ.

- Thử nghiệm 2: Điều kiện đầu vào được thiết lập là hàm lượng khí O<sub>2</sub> (20.3%), CO tăng lên so với thử nghiệm 1 (4.5 ppm), nhiệt độ tăng lên (35 °C). Kết

quả hiển thị mức độ cảnh báo tăng lên là: 20.6%. Kết quả thử nghiệm cho thấy hàm lượng khí CO cao hơn một chút làm tăng nguy cơ cảnh báo, nhưng vẫn trong mức độ thấp do hàm lượng khí O<sub>2</sub> vẫn ở mức cao và nhiệt độ không quá cao.

- Thử nghiệm 3: Điều kiện thử nghiệm được thiết lập với hàm lượng khí O<sub>2</sub> (20.0%), CO (5.0 ppm), nhiệt độ (50 °C). Mức độ cảnh báo lên đến 48.8%. Ta thấy, nhiệt độ tăng cao và CO tăng đáng kể so với hai thí nghiệm trên, dẫn đến mức độ cảnh báo gần như gấp đôi so với thử nghiệm 2. Điều này cho thấy các yếu tố như nhiệt độ và hàm lượng CO ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ cảnh báo.

- Thử nghiệm 4: Điều kiện đầu vào là hàm lượng khí O<sub>2</sub> giảm (19.5%), CO cao (14.0 ppm), nhiệt độ cao (55 °C). Kết quả đầu ra là mức độ cảnh báo lên đến 68.2%. Trong trường hợp này, hàm lượng khí CO cao cùng với nhiệt độ cao làm tăng đáng kể mức độ cảnh báo.

- Thử nghiệm 5: Hàm lượng khí O<sub>2</sub> thấp (16.5%), CO cao (17.0 ppm), nhiệt độ cao (60 °C). Kết quả là mức độ cảnh báo lên cao 86.7%. Trong thí nghiệm này, khi cả ba yếu tố đều ở mức nguy hiểm (hàm lượng khí O<sub>2</sub> thấp, CO cao, nhiệt độ cao) dẫn đến mức độ cảnh báo đạt ngưỡng cao, cho thấy nguy cơ rủi ro nghiêm trọng.

**Nhận xét chung về kết quả thử nghiệm chức năng cảnh báo ứng dụng kỹ thuật lò gic mờ:** Các thử nghiệm cho thấy sự kết hợp giữa hàm lượng khí CO và nhiệt độ có ảnh hưởng lớn nhất đến mức độ cảnh báo. Thử nghiệm cho thấy mặc dù hàm lượng khí CO cao nhưng mức cảnh báo than tự cháy chỉ ở mức trung bình nếu nhiệt độ thấp hơn khoảng 40 °C. Trong trường hợp khác, với nhiệt độ 30 °C ta thấy hàm lượng khí O<sub>2</sub> thấp nhưng mức cảnh báo than tự cháy ở mức thấp. Nhưng khi cả ba yếu tố đều bất lợi (hàm lượng khí CO, nhiệt độ cao và hàm lượng O<sub>2</sub> thấp) thì mức độ cảnh báo về than tự cháy tăng lên rất nhanh.

**Bảng 5. Trích kết quả thử nghiệm cảnh báo than tự cháy bằng lô gic mờ.**

Đầu vào	Đầu ra	Kết quả hiển thị
Hàm lượng O <sub>2</sub> : 20.5 % Hàm lượng CO: 2.5 ppm Nhiệt độ: 30.0 °C		<p style="text-align: center; font-size: 24px;"><b>11.80%</b></p> <p style="text-align: center;">Mức cảnh báo</p>
Hàm lượng O <sub>2</sub> : 19.5 % Hàm lượng CO: 14.0 ppm Nhiệt độ: 55.0 °C		<p style="text-align: center; font-size: 24px;"><b>68.20%</b></p> <p style="text-align: center;">Mức cảnh báo</p>

#### 4. KẾT LUẬN

➤Việc ứng dụng hệ thống quan trắc trực tuyến giúp giám sát và cảnh báo sớm hiện tượng than tự cháy trong các mỏ hầm lò là hoàn toàn khả thi. Các kết quả thử nghiệm cho thấy tính tương thích và độ ổn định cao của hệ thống, sẵn sàng đưa vào ứng dụng trong thực tế mỏ hầm lò. Các thử nghiệm đã minh chứng rõ về tầm quan trọng của việc kết hợp đồng thời các thông số hàm lượng khí CO, nhiệt độ và hàm lượng khí O<sub>2</sub> để đưa ra cảnh báo dựa trên kỹ thuật lô gic mờ. Phương pháp đề xuất hạn chế được cảnh báo giả do các hiện tượng khác gây ra ví dụ

hàm lượng khí CO tăng do bắn mìn, O<sub>2</sub> giảm do thông gió kém. Điều này khẳng định tiềm năng ứng dụng thực tiễn của hệ thống trong việc nâng cao an toàn lao động trong khai thác than hầm lò, góp phần nâng cao năng suất lao động.

➤Hệ thống tích hợp công nghệ mới nên không chỉ gia tăng hiệu quả và đảm bảo an toàn cho hoạt động khai thác than mà còn tạo dựng lợi thế cạnh tranh cho sản phẩm nội địa góp phần hoàn thành mục tiêu trong “Chiến lược phát triển ngành công nghiệp Than Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045” □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Viện Khoa học Công nghệ mỏ (2014), Nghiên cứu đánh giá tính tự cháy của than và đề xuất các giải pháp kỹ thuật công nghệ phòng ngừa tự cháy ở các mỏ than hầm lò Việt Nam, *Báo cáo tổng kết đề tài*.
- [2]. Esmatullah Danish (2020), Application of Fuzzy Logic for Predicting of Mine Fire in Underground Coal Mine, *Oshri*.
- [3]. Jia Pengtao, Deng Jun & Liang Shuhui (2014), A fuzzy combined forecasting model of coal spontaneous, *Computer modelling & new technologies*.

- [4]. H.B. Sahu (2013), Forecasting Spontaneous Heating Susceptibility of Indian Coals Using Neuro Fuzzy System, *Elsevier*.
- [5]. Li Wei Zhang, Prediction and Forecast of Spontaneous Combustion in 110 Construction Method, *Face of Xiaonan Coal Mine*.
- [6]. Sweta Basu (2019), Fire monitoring in coal mines using wireless underground sensor network and interval type-2 fuzzy logic controller, *Coal Sci Technol*.
- [7]. Ran Vijay Kumar Singh (2019), Spontaneous Heating and Fire in Coal Mines, *The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*.
- [8]. Technology Co., Ltd (2013), Cảm biến đo nhiệt độ đa điểm vỉa than, *Xuzhou China Mining Automate*.

---

## RESEARCH ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF ONLINE MONITORING SYSTEM AND APPLICATION OF FUZZY LOGIC TECHNIQUE IN WARNING OF COAL SPONTANEOUS COMBUSTION IN UNDERGROUND MINES

Dong Xuan Nguyen<sup>1,\*</sup>, Nam Hoai Tran<sup>1</sup>, Vinh The Nguyen<sup>1</sup>, Quyen Phan Nguyen<sup>1</sup>  
Hieu Cong Nguyen<sup>2</sup>, Duong Hai Tran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Research Institute of Electronics, Informatics and Automation, 156A Quan Thanh, Ha Noi, Viet Nam

<sup>2</sup>Electronics and Automation Technology Development Company Ltd, 156A Quan Thanh, Ha Noi, Viet Nam

### ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 22/9/2024

Revised: 24/10/2024

Accepted: 30/10/2024

<sup>1,\*</sup> Corresponding author:

Email: bienman.062000@gmail.com

---

### ABSTRACT

*Coal spontaneous combustion is a potential hazard in underground coal mining, leading to the risk of explosions and loss of labor safety. Timely monitoring and warning of coal spontaneous combustion will help minimize human and property losses and improve mining efficiency. The article presents the results of a study proposing the application of fuzzy logic techniques in the design and construction of an online monitoring system to warn of coal spontaneous combustion in underground mines.*

**Keywords:** *fuzzy logic, online monitoring system, coal spontaneous combustion.*

---

@ Vietnam Mining Science and Technology Association