

HỆ TRỢ GIÚP CHẨN ĐOÁN KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ Ô TÔ TRÊN CƠ SỞ LOGIC MỜ

LÊ HÙNG LÂN, NGUYỄN VĂN BANG, PHẠM THỊ THU HƯƠNG

Abstract. This paper presents actuality of the studied problem, necessary steps to apply fuzzy theory to technical diagnosis of automobile engines.

Tóm tắt. Nội dung bài viết trình bày tính thời sự của vấn đề nghiên cứu, những bước đi cần thiết để áp dụng lý thuyết tập mờ vào các lĩnh vực chẩn đoán. Đối tượng áp dụng cụ thể là động cơ ô tô.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, ô tô đang là một trong những phương tiện được sử dụng rộng rãi nhất trong giao thông vận tải. Khi khai thác, ô tô luôn chịu tác động của các tải trọng khác nhau. Kết quả là các chi tiết và tổng thành sẽ bị thay đổi trạng thái kỹ thuật theo chiều hướng xấu đi. Một trong những biện pháp đảm bảo cho ô tô có tính tin cậy cao, ngăn ngừa các hư hỏng có thể xảy ra là luôn phát hiện và dự đoán kịp thời các hư hỏng. Đó cũng chính là nhiệm vụ của chẩn đoán kỹ thuật.

Ô tô bao gồm rất nhiều chi tiết và tổng thành, song động cơ chính là nguồn động lực, là “trái tim” của ô tô. Động cơ ô tô thường xuyên phải chịu chế độ khai thác nặng nề, cường độ làm việc rất lớn. Trong quá trình hoạt động do phải chịu các tác động hóa học, vật lý, cơ học và các tác động bất thường khác nên các bộ phận của động cơ dễ bị mài mòn, biến dạng, lão hóa...

Sau một thời gian hoạt động, các bộ phận của động cơ bị hư hỏng dẫn đến các hiện tượng giảm công suất, tăng tiêu hao nhiên liệu, ngừng hoạt động bất thường nhiều lần, khó khởi động. v.v. Các hiện tượng này chính là triệu chứng biểu hiện ra bên ngoài của các hư hỏng bên trong. Nguyên tắc của chẩn đoán kỹ thuật là xác định các tham số của triệu chứng, so sánh chúng với ngưỡng và tiến hành “hội chẩn” để tìm ra bệnh. Với cơ chế suy luận trên ta thấy rằng kết quả chẩn đoán phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của chuyên gia. Do mối quan hệ giữa các thông số triệu chứng và thông số kết cấu của động cơ ô tô là mối quan hệ hỗn hợp nên rất khó định lượng một cách chính xác mối quan hệ này. Trong nhiều trường hợp ta chỉ có thể xác định một cách định tính rằng thông số chẩn đoán này có quan hệ “nhiều” hay “ít” với thông số kết cấu kia và ngược lại. Vì thông tin về mối quan hệ giữa các thông số mang nhiều tính định tính nên trong các phần sau của bài viết này sẽ đề cập đến việc xây dựng hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô trên cơ sở logic mờ. Việc sử dụng lý thuyết mờ làm cho hệ trợ giúp có các ưu điểm sau:

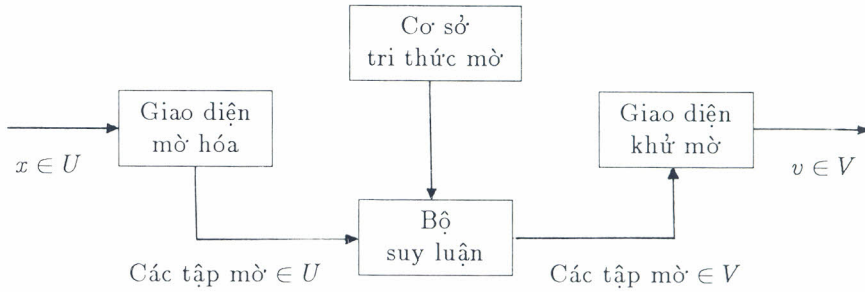
- Cho phép xử lý thông tin định tính dạng ngôn ngữ.
- Sử dụng logic đa trị gần với tri thức con người.
- Khắc phục được một trong những khó khăn của bài toán chẩn đoán kỹ thuật khi chẩn đoán tại các điểm ngưỡng.

2. CẤU TRÚC CỦA HỆ TRỢ GIÚP CHẨN ĐOÁN KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ Ô TÔ TRÊN CƠ SỞ LOGIC MỜ

Trong những hệ thống mờ thuần túy, đầu vào, đầu ra thường là những tập mờ (biểu thị bằng ngôn ngữ tự nhiên), điều đó sẽ gây khó khăn khi áp dụng vào những hệ thống kỹ thuật có đầu vào và đầu ra là những biến đổi giá trị thực. Một hệ trợ giúp chẩn đoán dùng logic mờ có cấu trúc như

* Công trình được sự hỗ trợ một phần từ Chương trình Nhà nước về nghiên cứu cơ bản.

hình 1 sẽ giải quyết được vấn đề này. Phương pháp ở đây là làm tăng thêm tính mờ (mờ hóa) tức là chuyển những biến đổi giá trị thực thành tập mờ ở đầu vào và tiến hành khử mờ tức là chuyển các tập mờ thành giá trị thực ở đầu ra [5, 13].



Hình 1. Cấu trúc của hệ chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô trên cơ sở logic mờ

Hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô bao gồm bốn thành phần cơ bản:

- *Cơ sở tri thức mờ*: Chứa đựng các tri thức về động cơ ô tô được biểu diễn bằng các tập mờ. Những tri thức này được xây dựng từ tri thức của các chuyên gia, tri thức được công nhận trong các tài liệu chuyên ngành, trong các sách kinh điển, v.v..

- *Cơ chế suy diễn*: Kết hợp với cơ sở tri thức (CSTT) mờ, dùng các phương pháp lập luận mờ để tạo ra một ảnh xạ từ những tập mờ trong không gian đầu vào thành các tập mờ trong không gian đầu ra.

- *Giao diện mờ hóa*: Dữ liệu đầu vào hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô có thể chỉ là các nhận định của các chuyên gia dưới dạng ngôn ngữ... Cũng có thể là các giá trị thực được đo bằng các thiết bị đo. Giao diện mờ hóa có nhiệm vụ chuyển những giá trị thực đó thành các tập mờ ở không gian đầu vào.

- *Giao diện khử mờ*: Do yêu cầu của bài toán kỹ thuật: dữ liệu là giá trị rõ do đó bộ khử mờ có nhiệm vụ chuyển các tập mờ thành giá trị thực ở không gian đầu ra. Giá trị thực này chính là khả năng xảy ra hư hỏng của đối tượng cần chẩn đoán.

Một số bước thực hiện cần thiết trong quá trình xây dựng hệ trợ giúp:

- Mờ hóa các biến logic vào, ra (xây dựng các hàm thuộc)
- Xây dựng tập luật (CSTT)
- Xây dựng hoặc lựa chọn phương pháp lập luận cũng như toán tử kéo theo
- Xây dựng phần mềm
- Kiểm chứng CSTT và tính khả dụng của hệ.

3. CƠ SỞ TRI THỨC

3.1. Xây dựng các hàm thuộc

Nguyên tắc của chẩn đoán là xác định các tham số của triệu chứng, so sánh chúng với ngưỡng [1, 2]. Các phương pháp xử lý thông thường có nhược điểm là không phản ánh được chính xác sự biến thiên thông tin quanh các điểm ngưỡng, có thể dẫn đến các dự báo thiếu tin cậy. Một hệ trợ giúp chẩn đoán dựa trên cơ sở logic mờ sẽ khắc phục được nhược điểm trên, nó cho phép mô tả mềm dẻo hơn sự biến thiên thông tin quanh các điểm ngưỡng [12]. Để làm được điều đó, ta định nghĩa các biến ngôn ngữ vào, ra cùng các hàm thuộc tương ứng của các giá trị ngôn ngữ. Các biến vào (các thông số triệu chứng) được mờ hóa thành các quan hệ “lớn hơn nhiều”, “lớn hơn”, “xấp xỉ”, “nhỏ hơn”,... mức độ chi tiết tùy theo yêu cầu cụ thể. Với các biến ra, thường đơn giản hơn, phản ánh mức độ hỏng hóc của thiết bị như “khả năng hỏng ít”, “khả năng hỏng nhiều”... Việc định nghĩa và mờ hóa này phải đảm bảo độ chính xác nhất định.

Hai yếu tố quan trọng để bất kỳ một hệ trợ giúp chẩn đoán nào trở nên khả dụng là phải đảm bảo yêu cầu độ chính xác của kết quả chẩn đoán và thời gian chẩn đoán.

Hình dáng của các hàm thuộc và mức độ phân chia của chúng là một trong những yếu tố có tính chất quyết định đến độ chính xác của kết quả chẩn đoán.

Trong hệ trợ giúp chẩn đoán động cơ ô tô ta xét mối quan hệ của 6 thông số chẩn đoán (đầu vào) với 9 thông số kết cấu (đầu ra). Với mỗi thông số, việc phân thành các hàm thuộc càng chi tiết thì càng gần với hình dung của con người, độ chính xác khi chẩn đoán càng cao và càng tiện lợi cho người sử dụng. Tuy nhiên, mức độ chia các hàm thuộc của giá trị một thuộc tính không thể quá lớn vì nó làm tăng độ phức tạp tính toán dẫn đến kéo dài thời gian chẩn đoán [12]. Giá trị của các biến ngôn ngữ của các thông số sẽ được mờ hóa thành các hàm thuộc như trong bảng 1.

Bảng 1. Nhãn của các hàm thuộc của giá trị các thuộc tính

Ký hiệu	Tên hàm thuộc	Ký hiệu	Tên hàm thuộc
A_1	Công suất động cơ “đạt yêu cầu”	D_1	Lượng hơi lọt xuống các te “đạt yêu cầu”
A_2	Công suất động cơ “giảm ít”	D_2	Lượng hơi lọt xuống các te “tăng ít”
A_3	Công suất động cơ “giảm tương đối”	D_3	Lượng hơi lọt xuống các te “tăng tương đối”
A_4	Công suất động cơ “giảm nhiều”	D_4	Lượng hơi lọt xuống các te “tăng nhiều”
A_5	Công suất động cơ “giảm rất nhiều”	D_5	Lượng hơi lọt xuống các te “tăng rất nhiều”
B_1	Mức tiêu thụ nhiên liệu “đạt yêu cầu”	E_2	Áp suất dầu bôi trơn “đạt yêu cầu”
B_2	Mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng ít”	E_2	Áp suất dầu bôi trơn “giảm ít”
B_3	Mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng tương đối”	E_3	Áp suất dầu bôi trơn “giảm tương đối”
B_4	Mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng nhiều”	E_4	Áp suất dầu bôi trơn “giảm nhiều”
B_5	Mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng rất nhiều”	E_5	Áp suất dầu bôi trơn “giảm rất nhiều”
C_1	Áp suất đường ống nạp “đạt yêu cầu”	G_1	Nhiệt độ động cơ “đạt yêu cầu”
C_2	Áp suất đường ống nạp “tăng ít”	G_2	Nhiệt độ động cơ “tăng ít”
C_3	Áp suất đường ống nạp “tăng tương đối”	G_3	Nhiệt độ động cơ “tăng tương đối”
C_4	Áp suất đường ống nạp “tăng nhiều”	G_4	Nhiệt độ động cơ “tăng nhiều”
C_5	Áp suất đường ống nạp “tăng rất nhiều”	G_5	Nhiệt độ động cơ “tăng rất nhiều”

Hàm thuộc của 6 thông số chẩn đoán và 9 thông số kết cấu đều có dạng hình thang hoặc hình tam giác như hình 2.

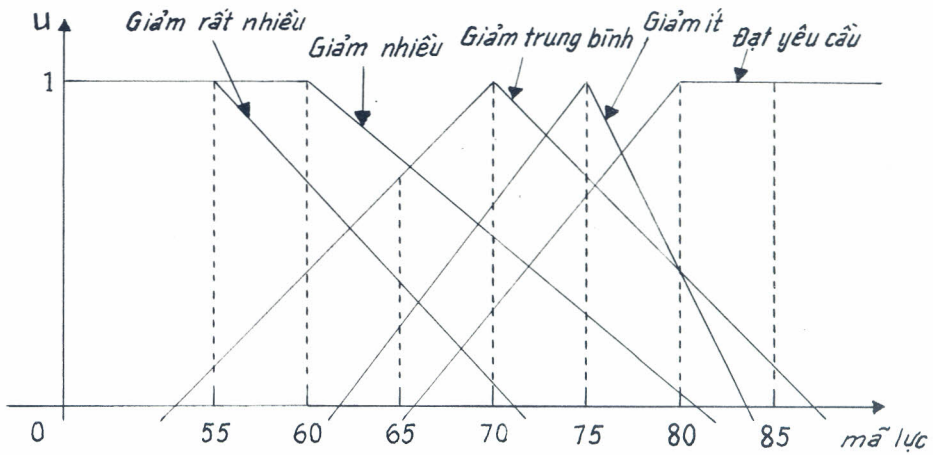
3.2. Xây dựng tập luật

Khi thiết kế hệ trợ giúp chẩn đoán, sau khi xây dựng các hàm thuộc của dữ liệu đầu vào và dữ liệu đầu ra, dựa trên ma trận chẩn đoán và kinh nghiệm của các chuyên gia người ta xây dựng một CSTT biểu diễn bằng các luật và các sự kiện. Trong hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô, chúng tôi đã xây dựng CSTT gồm 63 luật thể hiện một phần mối quan hệ của 6 thông số chẩn đoán với 9 thông số kết cấu [12].

Ví dụ một luật:

IF công suất “giảm nhiều” AND mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng trung bình” AND áp suất đường ống nạp “tăng trung bình” AND lượng hơi lọt xuống các te “tăng ít” AND áp suất dầu bôi trơn “giảm trung bình” AND nhiệt độ máy “tăng tương đối” THEN cơ cấu phối khí khả năng hỏng là “nhiều”.

(1)



Hình 2. Các hàm thuộc của thông số chẩn đoán “công suất động cơ”

4. LẬP LUẬN VÀ CHẨN ĐOÁN

4.1. Thiết lập trọng số

Trong tập tham số chẩn đoán có thể tham số này ảnh hưởng nhiều hơn tham số kia khi chẩn đoán một đối tượng nào đó [1, 2, 12]. Đối với một chẩn đoán mức quan trọng tương đối giữa các thuộc tính được đánh giá bởi ý nghĩa của các trọng số nằm trong [0, 1]. Trọng số của một thuộc tính có giá trị “0” có nghĩa là thuộc tính này không quan trọng chút nào trong chẩn đoán và do vậy nó có thể bỏ qua. Trái lại, trọng số nhận giá trị “1” có nghĩa là thuộc tính đó được xét hết ảnh hưởng mà nó có. Để kết quả chẩn đoán được chính xác, trong hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô xây dựng một bảng trọng số phản ánh mức độ quan trọng của từng tham số chẩn đoán đối với từng thông số kết cấu của động cơ. Độ chính xác của các trọng số bảng sau đều đã được kiểm nghiệm thực tế (bảng 2).

Bảng 2. Bảng trọng số của các thông số chẩn đoán

Triệu chứng	Hư hỏng Mòn P-X	Mòn ổ đỡ TT- TK	Hỏng cơ cấu phối khí	Hỏng gioăng qui lát	Hỏng gioăng ống nạp	Hỏng ở hệ thống cung cấp nhiên liệu	Hỏng ở hệ thống bôi trơn	Hỏng ở hệ thống làm mát	Hỏng ở hệ thống đánh lửa
Công suất động cơ “giảm”	0,2	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8
Mức tiêu thụ nhiên liệu “tăng”	0,3	0,3	0,6	0,5	0,2	0,9	0,3	0,6	0,7
Áp suất đường ống nạp “tăng”	0,1	0,2	0,7	0,5	0,8	0,3	0,2	0,2	0,1
Áp suất dầu bôi trơn “giảm”	0,2	0,9	0,4	0,3	0,2	0,1	0,9	0,4	0,1
Nhiệt độ động cơ “tăng”	0,2	0,4	0,4	0,7	0,2	0,3	0,4	0,9	0,8
Lượng hơi lọt xuống các te “tăng”	1,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1

Cách tính một tập mờ trong tập không gian U với trọng số α được đề cập trong [10, 12, 13]. Giả sử giá trị của tham số “công suất động cơ” được biểu thị bằng tập mờ F , và trọng số của tham số này đối với một “bệnh” nào đó của động cơ là α . Khi xử lý thông tin để đưa ra kết quả chẩn đoán về “bệnh” đó tham số “công suất động cơ” sẽ được tính như sau:

$$F^\alpha = \max(1 - \alpha, F).$$

4.2. Phương pháp lập luận - lựa chọn toán tử kéo theo

Mỗi chẩn đoán sẽ được đưa ra với mức độ chắc chắn nằm giữa 0 và 1. Trong những trường hợp rõ ràng, một chẩn đoán sẽ có mức độ chắc chắn bằng 0 hoặc bằng 1.

Hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô dựa trên CSTT cấu tạo bởi 63 luật điều khiển mờ tương tự như dạng (1), trong đó giá trị của các thông số chẩn đoán và kết cấu đều là các tập mờ được biểu thị bằng các hàm thuộc.

Bài toán chẩn đoán động cơ ô tô chính là bài toán lập luận mờ đa điều kiện. Phương pháp giải bài toán này được nêu trong các tài liệu [3, 9].

Phép kéo theo mờ $\mu_A(x) \rightarrow \mu_B(y)$ được sử dụng để biểu thị những luật điều khiển mờ có dạng: IF x là A THEN y là B (2). Có rất nhiều toán tử kéo theo được giới thiệu trong các tài liệu về lý thuyết tập mờ [3, 4, 7]. Tùy theo từng bài toán cụ thể ta có thể lựa chọn hoặc xây dựng toán tử kéo theo thích hợp.

Trong hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô sử dụng cách tính $\mu_A(u) \rightarrow \mu_B(v)$ như sau để xác định các quan hệ mờ giữa hai tập nền U và V (giữa các thông số kết cấu và các thông số chẩn đoán):

$$R_{B/A}(u, v) = (A \times B) \cup (\neg A \times V),$$

$$t \rightarrow s = (t \wedge s) \vee (1 - t),$$

trong đó R : quan hệ mờ chỉ mối quan hệ giữa U và V ; \wedge - phép lấy min; \vee - phép lấy max.

Như vậy, trong tập luật, mỗi mệnh đề **IF-THEN** (mỗi luật) thứ i trong tập luật xác định một quan hệ mờ $R_{B_i/A_i}(u, v)$. Kết hợp các quan hệ mờ $R_{B_i/A_i}(u, v)$ theo công thức $R_{TQ}(u, v) = \bigwedge R_{B_i/A_i}(u, v)$ chúng ta thu được quan hệ mờ R tổng quát (R_{TQ}).

Với bộ dữ liệu đầu vào là A' , kết luận B' được tính: $B' = A' \circ R_{TQ}$, trong đó: \circ là phép hợp thành Max-min.

Trong hệ trợ giúp chẩn đoán chúng tôi phân các hư hỏng của động cơ ô tô thành 9 nhóm khả năng hư hỏng chính, ứng với mỗi nhóm khả năng hư hỏng sẽ có một R_{TQ} do vậy sẽ có 9 R_{TQ} . Với một bộ dữ liệu đầu vào A' đối tượng chẩn đoán được gán một tập 9 chẩn đoán, trong đó mỗi chẩn đoán được biểu thị bằng một tập mờ.

Đối với bài toán chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô, dữ liệu đầu vào có thể là ngôn ngữ hoặc giá trị thực. Khi dữ liệu đầu vào là giá trị thực (tính mờ bằng không) thì ta phải mờ hóa nó bằng cách dùng hàm đặc trưng [12].

4.3. Khử mờ kết quả chẩn đoán

Cuối cùng, khử mờ các chẩn đoán, chúng ta sẽ có một tập các kết quả chẩn đoán được thể hiện bằng các giá trị rõ.

Trong [3] nêu 4 phương pháp khử mờ thông dụng. Qua thử nghiệm chúng tôi thấy rằng hệ trợ giúp chẩn đoán động cơ ô tô sử dụng phương pháp khử mờ Maxima là thích hợp hơn cả.

5. TẬP HỢP Ý KIẾN CHUYÊN GIA

Khi xây dựng một hệ trợ giúp, tập hợp ý kiến chuyên gia đóng một vai trò quan trọng, trong suốt quá trình xây dựng hệ, hầu hết các giai đoạn đều cần ý kiến của chuyên gia. Mức độ chính xác của ý kiến chuyên gia ảnh hưởng rất nhiều (thậm chí có tính quyết định) đến độ chính xác của hệ. Việc thu thập ý kiến chuyên gia chiếm rất nhiều thời gian và công sức. Do vậy, ý kiến chuyên gia phải đảm bảo độ chính xác đồng thời thỏa mãn điều kiện cho phép về thời gian cũng như khả năng kinh tế.

Có nhiều phương pháp để lấy ý kiến chuyên gia, song để phù hợp với hoàn cảnh thực tế, các tác giả đã sử dụng phương pháp Delphi của Hordon và Helmer [4, 15]. Cách làm là thu thập ý kiến của các chuyên gia về vấn đề nghiên cứu trong điều kiện không tổ chức các cuộc tranh luận trực tiếp giữa họ với nhau, nhưng cho phép mọi người có thể cân nhắc lại ý kiến của mình, tham khảo và trả lời các câu hỏi qua phiếu do đề tài gửi đến. Với đối tượng chẩn đoán cụ thể là động cơ

xăng, đề tài đã gửi các phiếu hỏi đến các tiến sĩ, kỹ sư và công nhân lành nghề của Bộ Giao thông Vận tải, Trường Đại học Giao thông Vận tải, Học viện Kỹ thuật quân sự. Sau đó dựa trên ý kiến chuyên gia để xây dựng CSTT, bảng trọng số. Đặc biệt là ý kiến chẩn đoán của các chuyên gia với 9 bộ dữ liệu vào cho đối tượng chẩn đoán cụ thể là động cơ xăng đã qua sử dụng, chưa đại tu được dùng để kiểm nghiệm tính khả dụng của hệ trợ giúp.

6. GIỚI THIỆU HỆ TRỢ GIÚP CHẨN ĐOÁN KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ Ô TÔ

6.1. Giới thiệu

Sau khi xây dựng được các hàm thuộc của các thông số chẩn đoán và kết cấu, lựa chọn toán tử kéo theo và phương pháp khử mờ, các tác giả đã xây dựng phần mềm chẩn đoán bệnh của động cơ ô tô. Phần mềm này được cài đặt trong môi trường Windows tiện lợi cho người sử dụng và được xây dựng dưới dạng mở (có thể sử dụng cho những đối tượng chẩn đoán khác chỉ cần thay đổi CSTT). Cấu trúc chương trình gồm những menu chính sau:

- **Soạn dữ liệu:** Cho phép người sử dụng làm các việc sau:
 - Cập nhật tham số chẩn đoán.
 - Cập nhật các hàm thuộc của từng tham số chẩn đoán.
 - Sửa đổi dữ liệu đã có.
- **Soạn luật:**
 - Cho phép soạn các luật biểu hiện mối quan hệ giữa thông số chẩn đoán và các hư hỏng.
 - Cho phép kiểm tra và sửa đổi các luật đã soạn.
 - Cho phép thêm, bớt luật.
- **Soạn trọng số:** Cho phép cập nhật bảng trọng số thể hiện mức quan trọng của mỗi tham số chẩn đoán với các thông số kết cấu.
- **Hỏi đáp:** Cho phép người sử dụng đưa giá trị các tham số chẩn đoán vào từ bàn phím, rồi tiến hành chẩn đoán và đưa kết quả chẩn đoán ra màn hình. Người sử dụng có thể đưa dữ liệu vào bằng ngôn ngữ (ví dụ “công suất động cơ giảm nhiều”) hoặc bằng con số (ví dụ 87 mã lực). Để tiện lợi cho người sử dụng, chương trình được thiết kế hiện lên các bảng có giá trị các tham số chẩn đoán bằng ngôn ngữ. Người sử dụng chỉ việc dùng chuột hoặc các phím mũi tên để xác định dữ liệu đầu vào. Nếu người sử dụng muốn nhập giá trị cụ thể thì chuyển con trỏ điều khiển về mục nhập giá trị và bấm giá trị vào từ bàn phím.

6.2. Kết quả kiểm chứng

Hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô có thời gian chẩn đoán ≈ 30 giây/bệnh (máy 586 tốc độ). Tiến hành kiểm nghiệm thực tế đề tài đã thu được một số kết quả như trong các bảng 3 và 4.

- **Kiểm chứng luật modus ponens**

Luật modus kinh điển có dạng:

$$\frac{A \rightarrow B, A}{B}$$

trong đó $A \rightarrow B, A$: là tiền đề, B : là kết luận.

Trong sơ đồ lập luận mờ, luật modus ponens tổng quát có dạng

$$\frac{\text{IF } X = A \text{ THEN } Y = B}{X = A'} \quad Y = B' ?$$

Phương pháp lập luận để tính B' được coi là chấp nhận được nếu kết luận B' được rút ra từ luật modus ponens tổng quát xấp xỉ B khi dữ liệu đầu vào A' xấp xỉ A .

Bài toán chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô là bài toán lập luận mờ. CSTT của hệ trợ giúp bao gồm nhiều luật modus ponens tổng quát. Ở thử nghiệm 1, với những bộ dữ liệu đầu vào $A' = A$

(A chính là các tiền đề trong các luật của CSTT) chúng tôi đã tiến hành lập luận (chẩn đoán) tìm ra các kết luận chẩn đoán B' , sau đó đem so sánh tương ứng với các kết luận B trong các luật của CSTT. Nếu B' bằng hoặc xấp xỉ bằng B thì phương pháp lập luận và các toán tử kéo theo được sử dụng trong hệ trợ giúp là chấp nhận được. Như đã trình bày trong phần phương pháp lập luận: quan hệ giữa các thông số chẩn đoán và mỗi hư hỏng (mỗi thông số kết cấu) được đặc trưng bởi một quan hệ mờ R_{tq} . Quan hệ mờ R_{tq} này được rút ra từ tập luật đặc trưng cho hư hỏng đó. Do đó, trong phần thử nghiệm này chúng tôi đã tiến hành chẩn đoán với từng nhóm hư hỏng của động cơ ô tô. Kết quả thống kê ở bảng 3 cho thấy B' bằng hoặc xấp xỉ bằng B .

Bảng 3. Kết quả chẩn đoán với 63 bộ dữ liệu vào ($A' = A$) cho 9 nhóm bệnh của động cơ ô tô

Bệnh mòn nhóm P-X

Dữ liệu vào ($A = A$) (1)	Kết luận chẩn đoán máy (B') (2)	Đầu ra các luật trong CSTT (B) (3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_1 and C_1 and D_2 and E_1 and G_1	0,15	0,00
A_3 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_3 and B_3 and C_3 and D_3 and E_3 and G_3	0,65	0,50
A_3 and B_3 and C_3 and D_4 and E_3 and G_3	0,70	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,85	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Bệnh mòn ổ đỡ trục khuỷu - thanh truyền (TK-TT)

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_2 and E_1 and G_2	0,10	0,00
A_1 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_3 and G_2	0,65	0,50
A_3 and B_3 and C_3 and D_4 and E_4 and G_3	0,70	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,85	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hỏng cơ cấu phối khí

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_1 and C_1 and D_2 and E_2 and G_2	0,10	0,00
A_3 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_3 and B_3 and C_3 and D_3 and E_3 and G_3	0,65	0,50
A_4 and B_3 and C_3 and D_4 and E_3 and G_3	0,80	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,90	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hỏng gioăng qui lát

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_1 and C_1 and D_2 and E_1 and G_1	0,05	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,15	0,25
A_2 and B_3 and C_3 and D_3 and E_3 and G_3	0,65	0,50
A_3 and B_3 and C_4 and D_4 and E_3 and G_3	0,70	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,90	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hồng gioăng ống nạp

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_1 and B_2 and C_1 and D_2 and E_2 and G_2	0,00	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_2 and B_3 and C_3 and D_3 and E_3 and G_3	0,65	0,50
A_3 and B_3 and C_3 and D_4 and E_3 and G_3	0,70	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,90	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hồng hệ thống cung cấp nhiên liệu

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_1 and B_1 and C_2 and D_2 and E_2 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_3 and B_2 and C_3 and D_3 and E_3 and G_3	0,50	0,50
A_4 and B_3 and C_4 and D_4 and E_3 and G_3	0,80	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	1,00	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hồng hệ thống bôi trơn

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_2 and E_1 and G_2	0,10	0,00
A_1 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,25	0,25
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_3 and G_2	0,65	0,50
A_3 and B_3 and C_3 and D_4 and E_4 and G_3	0,70	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,85	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hồng hệ làm mát

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_1 and C_2 and D_2 and E_2 and G_1	0,05	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,35	0,25
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_3	0,50	0,50
A_4 and B_3 and C_3 and D_4 and E_3 and G_4	0,70	0,75
A_5 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,85	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

Hồng hệ thống đánh lửa

(1)	(2)	(3)
A_1 and B_1 and C_1 and D_1 and E_1 and G_1	0,00	0,00
A_2 and B_1 and C_2 and D_2 and E_2 and G_1	0,05	0,00
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_2	0,35	0,25
A_2 and B_2 and C_2 and D_3 and E_2 and G_3	0,50	0,50
A_4 and B_3 and C_3 and D_4 and E_3 and G_4	0,80	0,75
A_4 and B_4 and C_4 and D_4 and E_4 and G_4	0,90	0,95
A_5 and B_5 and C_5 and D_5 and E_5 and G_5	1,00	1,00

• Kiểm chứng tính khả thi của hệ

Ở thử nghiệm 2 (bảng 4) các tác giả tiến hành lấy kết luận chẩn đoán của một nhóm chuyên gia cho 9 nhóm bệnh của động cơ ô tô dựa trên 9 bộ dữ liệu đầu vào. 81 kết luận chẩn đoán của

chuyên gia được so sánh với 81 kết luận chẩn đoán của hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật động cơ ô tô. Kết quả thu được cho thấy độ chính xác của hệ trợ giúp có thể chấp nhận được.

Bảng 4. Độ đo khả năng xảy ra các hư hỏng của chuyên gia (người) và của hệ trợ giúp (máy) ứng với 9 bộ dữ liệu vào

Triệu chứng	Hư hỏng		Mòn P-X		Mòn ổ đỡ TT-TK		Hỏng cơ cấu phối khí		Hỏng gioăng qui lát	
	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy
A_1 and B_2 and C_2 and D_1 and E_3 and G_3 (1)	0,00	0,00	0,80	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
A_2 and B_5 and C_3 and D_2 and E_2 and G_3 (2)	0,30	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,80	0,90
A_3 and B_2 and C_5 and D_3 and E_2 and G_2 (3)	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
A_4 and B_2 and C_1 and D_1 and E_2 and G_5 (4)	0,80	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
A_5 and B_1 and C_1 and D_5 and E_1 and G_5 (5)	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
A_2 and B_2 and C_4 and D_1 and E_5 and G_2 (6)	0,00	0,00	0,70	0,70	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
A_2 and B_1 and C_1 and D_2 and E_4 and G_5 (7)	0,30	0,25	0,40	0,35	0,20	0,15	0,00	0,15	0,00	0,05
A_5 and B_4 and C_3 and D_4 and E_4 and G_5 (8)	0,80	0,85	0,80	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00
A_3 and B_4 and C_3 and D_3 and E_2 and G_2 (9)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Triệu chứng	Hư hỏng		Hỏng gioăng ống nạp		Hỏng hệ cung cấp nhiên liệu		Hỏng hệ thống bôi trơn		Hỏng hệ thống làm mát		Hỏng hệ thống đánh lửa	
	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy	Người	Máy
(1)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,83	0,70	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
(2)	0,80	0,90	0,90	0,90	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	0,90	0,90
(3)	1,00	0,90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,50	0,50	0,50	0,50
(4)	0,00	0,50	0,70	0,80	0,50	0,50	0,80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80
(5)	0,50	0,50	0,80	1,00	0,50	0,50	0,80	0,83	0,90	0,90	1,00	1,00
(6)	0,60	0,70	0,30	0,35	0,90	0,70	0,30	0,25	0,20	0,20	0,55	0,55
(7)	0,00	0,25	0,00	0,35	0,30	0,35	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05
(8)	0,60	0,90	0,80	1,00	0,70	0,85	0,85	0,83	0,80	0,80	1,00	1,00
(9)	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50

7. KẾT LUẬN

Các kết quả nhận được qua nghiên cứu đã phần nào chứng minh khả năng áp dụng lý thuyết tập mờ trong chẩn đoán kỹ thuật - một công việc khá mới mẻ trên thế giới cũng như ở Việt Nam.

Các kết quả bước đầu này cần được khẳng định và củng cố thông qua các nghiên cứu sâu rộng hơn cả về lý luận và thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Thành Bắc, Nguyễn Đức Phú, *Chẩn đoán kỹ thuật ô tô*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội, 1993.
- [2] Cao Trọng Hiền, *Bảo dưỡng kỹ thuật và chẩn đoán ô tô*, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 1992.
- [3] Nguyễn Cát Hồ, “Bài giảng lý thuyết tập mờ và lập luận mờ cho lớp cao học”, Đại học Bách khoa Hà Nội, 1997.
- [4] Li Xin Wang, *A course in systems and control*, Prentice - Hall, 1997.
- [5] Timothy J. Ross, *Fuzzy logic with engineering applications*, McGraw - Hill, 1995.
- [6] Cheng Teng Lin and C. S. George Lee, *Neural Fuzzy systems*, Prentice - Hall, 1996.
- [7] Paul Harmon and David King, *Expert Systems, Artificial Intelligences in Business*, Jonh Wiley - Son. Inc., 1985.
- [8] A. Kaufmann, *Introductions to the Theory of Fuzzy Subsets*, Academic press, 1975.
- [9] M. Mizumoto, H. J. Zimmerman, Comparison of fuzzy reasoning Methods, *Fuzzy Sets and Systems* **8** (1982) 253-283.
- [10] Ronald R. Yager and Lotfi A. Zaded, *An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems*, Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [11] Nguyễn Thanh Thủy, *Trí tuệ nhân đạo*, Nhà xuất bản Giáo dục, 1995.
- [12] Phạm Thị Thu Hương, “Nghiên cứu xây dựng hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật các phương tiện giao thông vận tải trên cơ sở logic mờ”, Luận văn Thạc sĩ, 1997.
- [13] Phạm Thị Thu Hương, Mô hình hệ trợ giúp chẩn đoán kỹ thuật các phương tiện giao thông vận tải trên cơ sở logic mờ, *Tạp chí Giao thông Vận tải*, 46 (1998) 56-57.
- [14] Cao Ngọc Châu, *Một số phương pháp dự báo ứng dụng trong ngành Giao thông Vận tải*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội, 1987.
- [15] Gavisianhi và Linshkin, *Khoa học Dự báo*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 1976.
- [16] Lê Hùng Lân, Phương pháp thiết kế hệ thống tự động hóa chẩn đoán trạng thái kỹ thuật các phương tiện giao thông vận tải trên cơ sở lý thuyết logic mờ, *Tạp chí GTVT* **10** (1997) 37-39.

Nhận bài ngày 19-6-2000

Nhận lại sau khi sửa ngày 10-12-2000