

CHẨN ĐOÁN KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ TRÊN XE KAMAZ-43118 TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC

TECHNICAL STATES DIAGNOSIS OF THE COMBUSTION ENGINE ON KAMAZ-43118 TRUCK IN THE OPERATION PROCESS

TS. Vũ Ngọc Tuấn, PGS.TS. Nguyễn Văn Dũng, PGS.TS. Phùng Tuấn Anh,
TS. Nguyễn Thanh Dương, PGS.TS. Nguyễn Trung Kiên
Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Tình trạng kỹ thuật của động cơ là một trong những yếu tố quan trọng quyết định đến khả năng vận hành của ô tô. Có rất nhiều phương pháp giúp chẩn đoán được tình trạng kỹ thuật. Nội dung bài báo đề cập đến cơ sở lý thuyết tập mờ ứng dụng trong chẩn đoán kỹ thuật. Trên cơ sở đó tiến hành xây dựng chương trình tính toán xác định trạng thái kỹ thuật (TTKT) động cơ trên xe Kamaz-43118 trong quá trình khai thác theo các thông số biểu hiện kết cấu. Kết quả của bài báo có thể ứng dụng nghiên cứu chẩn đoán các cụm, hệ thống trên các trang bị cơ khí động lực.

Từ khóa: Chẩn đoán kỹ thuật; Trạng thái kỹ thuật; Thông số chẩn đoán; Thông số kết cấu; Hư hỏng sự cố; Đối tượng chẩn đoán; Lý thuyết mờ.

ABSTRACT

The technical condition of the engine is one of the essential factors determining the automobile's performance. There are many methods to help diagnose the technical states. The article's content refers to applying of fuzzy logic in technical diagnostics. On that basis, proceed to build a program to calculate and determine the technical status of the engine on the Kamaz-43118 vehicle during the exploitation process according to the structural expression parameters. The results of the article can be applied to diagnostic studies of sub-systems and general systems of vehicles.

Keywords: Technical diagnostic; Technical state; Diagnostic parameter; Structural parameter; Fault damage; Diagnostic object; Fuzzy theory.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chẩn đoán tình trạng kỹ thuật của các hệ thống trên ô tô là tác động kỹ thuật vào quá trình khai thác và sử dụng ô tô và nhằm đảm bảo cho xe hoạt động có độ tin cậy cao, an toàn, hiệu quả bằng cách phát hiện và dự báo kịp thời

các hư hỏng và TTKT hiện tại mà không phải tháo rời đối tượng chẩn đoán [3]. Như vậy, tác động của chẩn đoán vừa mang tính chủ động và vừa mang tính ngăn chặn các hư hỏng có thể xảy ra, nhưng không tháo rời mà sử dụng các biện pháp thăm dò, dựa vào những biểu hiện đặc trưng trong quá trình khai thác. Chẩn đoán 

kỹ thuật có ý nghĩa quan trọng như: (i) nâng cao độ tin cậy của xe và an toàn giao thông nhờ phát hiện kịp thời và dự đoán trước được các hư hỏng có thể xảy ra; (ii) nâng cao độ bền lâu, giảm chi phí và phụ tùng thay thế, giảm được độ hao mòn các chi tiết do không phải tháo rời các tổng thành; (iii) giảm được tiêu hao nhiên liệu, dầu nhờn do phát hiện kịp thời để điều chỉnh các bộ phận đưa về trạng thái làm việc tối ưu; (iv) giảm giờ công lao động cho công tác bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa [3].

Khi chẩn đoán sử dụng các phương pháp như lý thuyết thông tin, lý thuyết nhận dạng hoặc lý thuyết độ tin cậy, cần có thông tin rõ ràng, đầy đủ về đối tượng nghiên cứu. Tuy nhiên, trong chẩn đoán kỹ thuật không tồn tại ngưỡng chính xác giữa trạng thái hỏng và không hỏng, các đại lượng đó mang tính ngẫu nhiên và không định nghĩa chính xác quan hệ giữa các đại lượng. Do đó, việc áp dụng lý thuyết tập mờ xác định TTKT là hợp lý hơn cả, đặc biệt đối với các hệ thống phức tạp [3], [5].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Tập mờ

Tập mờ $\tilde{A}$ được đặc trưng bởi các phần tử đưa vào ở dạng mức phụ thuộc μ_A gọi là hàm liên thuộc và được ký hiệu như là bậc phụ thuộc. Mức phụ thuộc là giá trị biểu thị sự đánh giá khách quan của con người đối với trạng thái của sự vật [1].

Xét tập E bất kỳ, trong đó có tập con A . Hàm μ_A có thể có các giá trị trong đoạn từ 0 đến 1. Tập con A là tập mờ (ký hiệu là $\tilde{A}$) và được định nghĩa như tập của hai véc tơ.

$$\tilde{A} = (x, \mu_A(x)), x \in E$$

Véc tơ x là định nghĩa của phần tử trong tập mờ $\tilde{A}$, véc tơ μ_A là hàm liên thuộc của $\tilde{A}$. Khi đó, tập mờ được phát biểu như sau: Số thực của hàm $\mu_A(x)$ đối với mỗi phần tử $x \in E$ được coi như là bậc của yếu tố phụ thuộc của $\tilde{A}$.

2.2. Hàm phụ thuộc [3]

a. Các đặc tính của hàm phụ thuộc

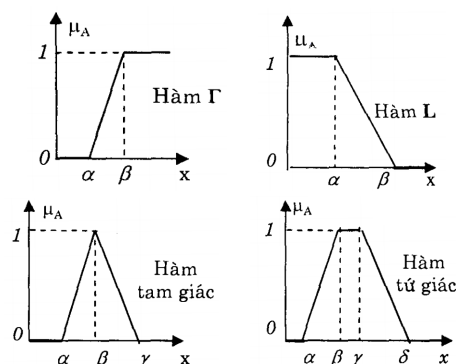
Các đặc tính của hàm phụ thuộc bao gồm: độ cao, miền xác định và miền tin cậy.

- Độ cao của tập mờ $\tilde{A}$ còn gọi là độ phụ thuộc của hàm phụ thuộc và ký hiệu như sau: $\text{hgt}(\tilde{A}) = \sup \mu_A(x); x \in E$. Tập mờ phải có ít nhất một phần tử có độ cao bằng 1 và nó được gọi là tập mờ chính tắc, ngược lại gọi là tập mờ không chính tắc.

- Miền xác định là tập hợp các phần tử x của tập mờ $\tilde{A}$ có $\mu_A(x) > 0$; miền tin cậy là tập hợp các phần tử x của tập mờ $\tilde{A}$ có $\mu_A(x) = 1$.

b. Các dạng hàm phụ thuộc thường dùng

Các hàm phụ thuộc có thể là các hàm với các dạng đường cong tùy ý gần với các hàm đại số cơ bản (hình 1). Tuy vậy, các hàm phụ thuộc dùng trong chẩn đoán trạng thái và điều khiển mờ thường chọn là các hàm tuyến tính.



Hình 1. Các dạng hàm thường chọn trong chẩn đoán

2.3. Các phép tính logic với tập mờ [1], [2]

a. Logic mờ: Logic mờ là logic nhiều giá trị trong khoảng từ 0 đến 1. Điều kiện trong logic mờ là phải có quy luật trong khoảng nhỏ. Khái niệm logic mờ đồng nghĩa với khái niệm tập mờ. Biến logic trong tập mờ là các hàm phụ thuộc.

* Các phép tính logic

- Phép so sánh: Tập $\tilde{A}$ là tập con của $\tilde{B}$ nghĩa là $\tilde{A}$ nằm trong $\tilde{B}$ nếu: $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$. Tập $\tilde{A}$ bằng tập $\tilde{B}$ nếu $\mu_A(x) = \mu_B(x)$;

- Phép hợp: Nếu $\tilde{C}$ là tập được tạo thành từ phép hợp của hai tập $\tilde{A}$ và $\tilde{B}$ thì nó được ký hiệu như sau: $\tilde{C} = \tilde{A} \cup \tilde{B} = \{(x, \mu_{A \cup B}(x)), \forall x \in E\}$; Ở đây $\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$;

- Phép giao: Nếu $\tilde{C}$ là tập được tạo thành từ phép giao của hai tập $\tilde{A}$ và $\tilde{B}$ thì nó được ký hiệu như sau: $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B} = \{(x, \mu_{A \cap B}(x)), \forall x \in E\}$; Ở đây $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$;

- Phép bù: Nếu tập $\tilde{C}$ là tập hợp bù của tập $\tilde{A}$ xác định trong E thì nó được ký hiệu như sau: $\tilde{C} = \text{compl}\tilde{A} = \{(x, \mu_{\text{compl}\tilde{A}}(x)), \forall x \in E\}$.

* Quan hệ mờ

Mỗi tập hợp nhỏ $\tilde{R}$ của phép nhân không cùng cơ sở $\tilde{A}$ và $\tilde{B}$ ta gọi là quan hệ của tập $\tilde{A}$, đối với tập $\tilde{B}$. Quan hệ mờ không cùng cơ sở là quan hệ không thể xác định đơn điệu theo một cơ sở, giữa chúng tồn tại quan hệ giữa hai hay nhiều tập hợp không cùng cơ sở. Đối với quan hệ mờ không cùng cơ sở có thể dùng cách ghi ma trận thông thường. Các hàm phụ thuộc quan hệ $\mu_R(x, y)$:

$$R = \{(x, y), \mu_R(x, y)\};$$

Ở đây $\mu_R(x, y) = \mu_{A \times B}(x, y)$

Khi đó, ma trận chẩn đoán có thể dùng trực tiếp bằng ngôn ngữ, các giá trị ngôn ngữ theo dạng quy luật “Nếu – Thì”. Biến mờ tổng quát có đặc trưng là mỗi thành phần $x \in E$ là giá trị của nó theo hàm phụ thuộc tương ứng.

2.4. Suy luận mờ

Suy luận mờ sử dụng tổ hợp các luật suy luận trên cơ sở logic mờ (quan hệ giữa biến vào và biến ra). Các giá trị thông số vào là các tín hiệu số, số liệu của người sử dụng, của hệ thống chuyên gia. Các thông số ra là tập mờ bao gồm trực tiếp các hàm tương ứng phù hợp với thông tin về TTKT của đối tượng nghiên cứu [3].

a. Mệnh đề hợp thành

Với quan hệ đơn điệu hay quan hệ phức hợp đều được thực hiện bằng các suy luận “Nếu – Thì”. Suy luận mờ đơn điệu “Nếu – Thì” trong dạng ngôn ngữ có thể viết như sau: Nếu (X là TV) thì (Y là Y2). Hay: IF (Biểu thức mờ) THEN (biểu thức mờ); Trong đó, X và Y là các biến mờ, TV và Y2 là các giá trị ngôn ngữ được định nghĩa trực tiếp của tập mờ $\tilde{N}, \tilde{U}$ trong khoảng T và R.

Mệnh đề này cho phép từ một giá trị đầu vào xác định được liên ứng thỏa mãn yêu cầu kết luận suy luận của giá trị đầu ra và được gọi là mệnh đề hợp thành với một điều kiện.

b. Mức phụ thuộc của kết quả suy luận

Mức phụ thuộc của kết quả suy luận của luật trong tập mờ có giá trị trong khoảng (0,1) và có thể áp dụng các phép tính ứng dụng mờ trên cơ sở các mức phụ thuộc cho trước của tiền mệnh đề. Luật IF – THEN có thể biểu thị nhờ các phép tính ứng dụng. Nếu $\mu_A(p)$; $\mu_B(p)$ là các giá trị cụ thể của hàm phụ thuộc $\mu_A(x)$; $\mu_B(y)$ cần tìm hàm $\mu_R(x, y)$ là mức phụ thuộc kết quả suy luận của luật thông qua các phép tính ứng dụng:



$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \mu_R(x,y)$ với quan hệ

$$R; (p, \mu_A(p)) \xRightarrow{I(\mu_A(x), \mu_B(y))} (q, \mu_B(q))$$

Các phép toán ứng dụng gồm có:

- Mamdan

$$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

- Larsen

$$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = (\mu_A(x) \cdot \mu_B(y))$$

- Lukasiewicz

$$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \min(1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y))$$

- Zadeh

$$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \max(1 - \mu_A(x), \min(\mu_A(x), \mu_B(y)))$$

- Kleene – Dienes

$$I(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \max(1 - \mu_A(x), \mu_B(y))$$

c. Luật hợp thành điều kiện

Tiền mệnh đề và liên ứng có nhiều thành phần như các giả thiết trong logic mờ có thể là nhân (ANDF), tổng (ORF) của các phép tính. Tập tương ứng với các quy luật Nếu – Thì của một số giá trị (x_1, x_2, y) , các giá trị xác định một tập mới trong khoảng N_1, N_2, U được biểu thị như là tích của hàm mờ T_1, T_2, R . Suy luận mờ Nếu – Thì trong dạng ngôn ngữ có thể viết như sau:

Nếu $(x_1$ là A_1^1 và ... và x_n là A_n^n Thì $(y$ là $Y_n)$

Nếu hệ thống có m đầu vào và n đầu ra thì có thể tách thành n hệ nhỏ, mỗi hệ nhỏ có m đầu vào từ X_1 đến X_m và một đầu ra là Y .

d. Mờ hóa và giải mờ

Chúng ta sắp xếp bậc phụ thuộc vào

một hay nhiều tập mờ tương ứng với khái niệm độc lập trong các luật, trong đó đảm bảo trùm kín không thừa khoảng trục của tập mờ tương ứng, nghĩa là đã mờ hóa. Nhờ quá trình mờ hoá trong thực tế lập bảng hàm tương ứng hay bổ sung các biểu thức phân tích của các hàm này và tiếp là xây dựng hàm phụ thuộc cho các phần của tiền mệnh đề. Nếu như tiền mệnh đề của các luật cho trước có nhiều hơn một phần, tức là chúng ta mờ hoá nhiều bậc phụ thuộc và sẽ có trực tiếp các phép mờ giá trị đồng nhất đại diện cho tiền mệnh đề đối với ứng dụng mờ.

Sắp xếp đỉnh của các giá trị đối với tập mờ ra bằng giải mờ. Trong chẩn đoán giải mờ được hiểu là sắp xếp các hàm phụ thuộc với trạng thái độc lập trong đại lượng chẩn đoán vào. Trên cơ sở hệ thống luật IF – THEN của tập mờ ta có được, có thể đánh giá trạng thái các giá trị tương ứng của mức phụ thuộc và không tiến hành giải mờ. Giải mờ là phép tính cơ bản của điều chỉnh mờ.

3. ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT TẬP MỜ XÁC ĐỊNH TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ TRÊN XE KAMAZ – 43118

3.1. Xác định các biến vào – ra

Đối tượng nghiên cứu là động cơ KAMAZ-740.30-260, lắp trên xe KAMAZ-43118. Qua phân tích hệ thống, kết hợp với tri thức chuyên gia, ta thấy hệ thống có bảy biến vào và một biến ra. Biến vào là các TSCĐ đặc trưng nhất cho TTKT của động cơ, những triệu chứng hư hỏng thường gặp trong quá trình khai thác. Biến ra là TTKT của động cơ cần xác định. Như vậy, biến vào và biến ra của động cơ được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Các biến vào - biến ra của hệ thống

STT	Biến vào (thứ nguyên)	Đơn vị	Ký hiệu	Biến ra (thứ nguyên)	Ký hiệu
1	Công suất của động cơ	Kw	G	Tình trạng kỹ thuật của động cơ KAMAZ-740.30-260	TTKT
2	Nhiệt độ nước làm mát	°C	T		
3	Áp suất dầu bôi trơn	MPa	B		
4	Suất tiêu hao nhiên liệu	g/Kmh	N		
5	Gỗ, ồn	dB	O		
6	Áp suất cuối kỳ nén	MPa	P		
7	Độ khói	%HSU	K		

3.2. Xác định giá trị ngôn ngữ của biến vào và biến ra

3.2.1. Giá trị ngôn ngữ của biến vào

Các giá trị ngôn ngữ của biến vào chính là các tập mờ con, nó chính là những khoảng của biến vào mà thể hiện bằng ngôn ngữ, song nó bao trùm lên tất cả những khả năng có thể của biến vào. Ở đây, mỗi giá trị biến vào có ba hoặc bốn giá trị ngôn ngữ (Bảng 2).

Bảng 2. Các giá trị ngôn ngữ của biến vào

STT	Biến vào	Giá trị ngôn ngữ	Ký hiệu
1	Công suất của động cơ	Thấp	GD
		Yếu	GT
		Vừa	GN
		Đủ	GR
2	Nhiệt độ nước làm mát	Trung bình	TT
		Vừa	TV
		Cao	TC
3	Áp suất dầu bôi trơn	Thấp	BD
		Vừa	BV
		Tốt	BT
4	Suất tiêu hao nhiên liệu	Trung bình	NT
		Vừa	NV
		Lớn	NL

5	Gỗ, ồn	Ồn ít	OI
		Ồn vừa	OV
		Ồn nhiều	ON
6	Áp suất cuối kỳ nén	Thấp	PT
		Vừa	PV
		Đủ	PD
7	Độ khói	Ít	KI
		Vừa	KV
		Nhiều	KN

3.2.2. Giá trị ngôn ngữ của biến ra

Với động cơ KAMAZ-740.30-260, ta chọn một biến ra duy nhất là TTKT. Giá trị ngôn ngữ của biến ra là 5, tương ứng với nó là năm tập mờ con (Bảng 3).

Bảng 3. Các giá trị ngôn ngữ của biến ra

STT	Biến ra	Giá trị ngôn ngữ	Ký hiệu
1	Tình trạng kỹ thuật của động cơ KAMAZ-740 (%)	Làm việc tốt	TOT
		Làm việc bình thường	BT
		Làm việc kém	KE
		Hỏng nhẹ	HNh
		Hỏng nặng	HN



3.2.3. Xác định giá trị hàm liên thuộc cho từng giá trị ngôn ngữ

Các thông số hàm liên thuộc được chọn theo dạng hình thang với các điểm đặc trưng là α , β , γ , δ . Các điểm đặc trưng tương ứng với 4 đỉnh của hình thang, Khi chọn, các điểm (từ điểm đầu đến điểm cuối) phải phủ hết tất cả các thông số chứa đựng những hỏng hóc có thể xảy ra trong quá trình sử dụng. Các thông số của hàm liên thuộc được chọn theo bảng 4.

Bảng 4. Các giá trị hàm phụ thuộc

Biến vào/ra	Giá trị ngôn ngữ	Ký hiệu	Các thông số hàm liên thuộc			
			α	β	γ	δ
Công suất của động cơ (Kw)	Thấp	GD	110	110	120	125
	Yếu	GT	120	125	130	135
	Vừa	GN	130	135	140	145
	Đủ	GR	140	145	150	154
Nhiệt độ nước làm mát ($^{\circ}\text{C}$)	Trung bình	TT	70	73	77	80
	Vừa	TV	77	80	83	85
	Cao	TC	83	85	90	90
Áp suất dầu bôi trơn (MPa)	Thấp	BD	1	1,5	2	2,5
	Vừa	BV	2	2,5	3	3,5
	Tốt	BT	3	3,5	4	4,5
Suất tiêu hao nhiên liệu (g/Kwh)	Trung bình	NT	224	226	228	230
	Vừa	NV	227	230	234	237
	Lớn	NL	234	237	240	242
Gõ ồn (dB)	Ồn ít	OI	10	10	30	40
	Ồn vừa	OV	20	40	50	70
	Ồn nhiều	ON	50	70	80	80
Áp suất cuối kỳ nén (MPa)	Thấp	PT	180	180	184	188
	Vừa	PV	184	188	190	192
	Đủ	PD	190	192	195	195
Độ khối (%HSU)	Ít	KI	20	22	26	30
	Vừa	KV	28	32	36	40
	Nhiều	KN	38	42	46	50
Tình trạng kỹ thuật của động cơ KAMAZ-740.30-260 (%)	Làm việc tốt	TOT	85	95	100	100
	Làm việc bình thường	BT	65	75	85	95
	Làm việc kém	KE	45	55	65	75
	Hỏng nhẹ	HNh	25	35	45	55
	Hỏng nặng	HN	0	15	25	35

3.2.4. Xây dựng luật cho hệ mờ

Dựa vào bản chất vật lý, số liệu đo đạc và kinh nghiệm chuyên gia trong quá trình khai thác sử dụng xe, xây dựng các luật cho hệ mờ. Trên cơ sở đó, luật IF – THEN (Nếu – Thì) được xây dựng thông qua 130 luật.

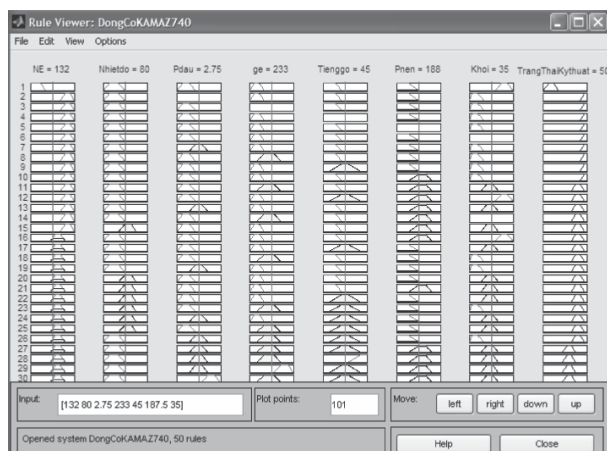
Sau khi đã xây dựng xong không gian mờ cho các biến vào và ra, từ màn hình Membership Function Editor vào Edit chọn Rules Editor, ta thấy màn hình Rules Editor xuất hiện.

Tại màn hình này, ta xây dựng các luật, sau mỗi luật chọn Add rule với trọng số (Weight) của hệ chọn là 1.

Việc xây dựng luật điều khiển là khâu quan trọng quyết định đến độ chính xác của bài toán. Ta phải chọn những luật thường xảy ra nhất trong quá trình sử dụng, số lượng luật càng lớn, độ chính xác càng cao.

3.2.5. Hiện thị kết quả chẩn đoán

Từ màn hình Rule Editor, ta vào View chọn Rule cho ta kết quả tương ứng với các giá trị đầu vào (Hình 2).



Hình 2. Màn hình hiện thị kết quả

Qua kết quả trên hình 2 ta thấy, với giá trị đo được của các thông số chẩn đoán ($N_e = 132$ Kw, $t^0 = 80^\circ\text{C}$, $P_d = 2,75$ MP_a, $g_e = 233$ g/Kwh, tiếng ồn = 45dB, $P_n = 158$ MP_a và độ khói = 35(%HUS)), thì TTKT của động cơ còn 50%. Như vậy, trong quá trình khai thác, trên cơ sở giá trị các thông số chẩn đoán đo được, chúng ta có thể xác định được TTKT thực tế của động cơ, làm cơ sở giao nhận và lập kế hoạch đảm bảo phụ tùng, vật tư cho trang bị.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày ứng dụng lý thuyết tập mờ, trên cơ sở sử dụng công cụ Fuzzy Toolbox trong phần mềm Matlab-Simulink để chẩn đoán TTKT động cơ KAMAZ 740.30-260 lắp trên xe KAMAZ-43118. Kết quả này có thể dùng làm cơ sở nghiên cứu chẩn đoán TTKT các hệ thống khác trên xe ô tô cũng như trên các trang thiết bị thuộc lĩnh vực cơ khí động lực. ❖

Ngày nhận bài: 15/5/2023

Ngày phản biện: 01/6/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Hoàng Phương; *Hệ mờ và ứng dụng*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 1998.
- [2]. Phan Xuân Minh; *Lý thuyết điều khiển mờ*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [3]. Nguyễn Khắc Trai; *Kỹ thuật chẩn đoán ô tô*, NXB. Giao thông Vận tải, 2007.
- [4]. Martin t. Stockel; *Auto Service and repair*, Suoth Holand Illinois, 1992
- [5]. Prof. ing. Marcel. Kredl. Csc; *Diagnosticke systemy*. Vydavatelstvi CVUT, 1997.
- [6]. Uwe Heisel; *Simulation with Matlab-Simulink*. Stuttgart Verlag, 2006.