



VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TRI THỨC MỜ TRONG HỆ ĐIỀU KHIỂN MỜ

Đồng Thị Hằng, Lê Bá Dũng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày nhận: 16/2/2016

Ngày xét duyệt: 02/3/2016

Tóm tắt:

Bài báo đề cập đến quá trình xây dựng hệ cơ sở tri thức mờ từ các chuyên gia hay khám phá tri thức từ dữ liệu. Hệ cơ sở tri thức này khi mới xây dựng cần thiết phải đánh giá sao cho các luật được xây dựng không dư thừa, đầy đủ, chính xác và nhất quán. Trên cơ sở đó các tác giả đã sử dụng hệ luật điều khiển mờ đã cho với 25 luật để rút ngắn còn 16 luật. Kết quả mô phỏng cho điều khiển lò nhiệt với đáp ứng ra là như nhau.

Từ khóa: Logic mờ, đánh giá luật mờ, điều khiển mờ, hệ cơ sở tri thức mờ.

1. Mở đầu

Hệ logic mờ nói chung hệ điều khiển mờ nói riêng ra đời đã cung cấp một công cụ hữu hiệu cho xây dựng các hệ thống có khả năng xử lý các thông tin thiếu chính xác, không đầy đủ... Với logic mờ cho phép con người xây dựng được những hệ điều khiển thông minh, các hệ thống tự hành... Các thiết bị đó cho phép hoạt động, cập nhật và xử lý các thông tin trong quá trình hoạt động với các tình huống phát sinh. Để có các thiết bị thông minh đã nêu là cần thiết là phải xây dựng một hệ cơ sở tri thức sao cho đầy đủ, chính xác, nhất quán... [1,2,3,4]. Việc xây dựng một hệ cơ sở tri thức như vậy phải thông qua các quá trình thu thập, biểu diễn, đánh giá các tri thức thu nhận được từ các quá trình thu thập tri thức theo chuyên gia hay khám phá tri thức từ dữ liệu. Bài báo trình bày một phương pháp đánh giá tri thức mờ theo các tiêu chí về tính đầy đủ, tính chính xác, tính nhất quán trong các hệ luật mờ. Trong khi xây dựng các hệ luật mờ từ các chuyên gia công nghệ hay phát hiện tri thức từ dữ liệu cần phải đánh giá các tri thức đã thu nhận. Để giải quyết vấn đề đó bài báo thể hiện qua các phần sau: i) Mở đầu. ii) Hệ luật mờ và đánh giá hệ luật mờ, iii) Bộ điều khiển mờ với quá trình đánh giá luật điều khiển mờ và cuối cùng là iv) Kết luận.

2. Hệ luật mờ và đánh giá hệ luật mờ

Trên Hình 1 biểu diễn quá trình thu thập tri thức để hình thành hệ cơ sở tri thức bao gồm các công đoạn: Thu thập tri thức, biểu diễn tri thức, đánh giá tri thức, suy luận tri thức và cuối cùng là sử dụng tri thức.

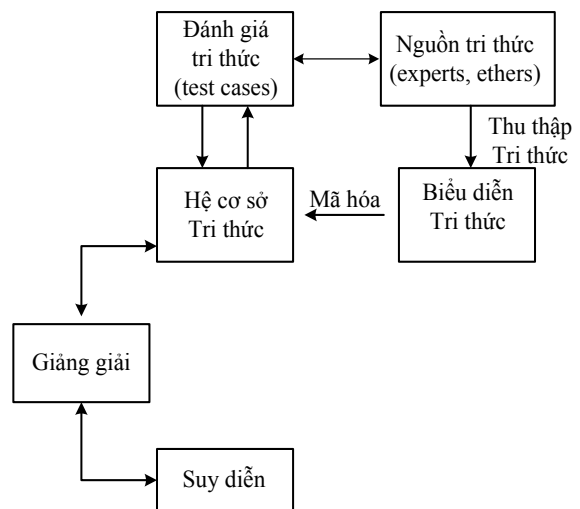
2.1. Các vấn đề tri thức

Các tri thức nói chung, tri thức mờ nói riêng được biểu diễn dưới hai dạng cơ bản đó là hệ mờ theo Sugeno và hệ mờ theo Mamdani. Sự khác nhau

của hai hệ mờ thể hiện qua phần kết luận của luật mờ. Luật mờ của hệ mờ Sugeno thể hiện như sau:

$$\begin{aligned} \text{Ri: if } x_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and } \dots x_j \text{ is } A_{ij} \dots x_n \text{ is } A_{in} \\ \text{Then } y_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{với } i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó $x_1, x_2, \dots$ là các biến trạng thái của luật thuộc phần điều kiện của luật, y là đầu ra của luật, thuộc phần kết luận của luật. $A_{i1}, \dots, A_{in}$ là các giá trị ngôn ngữ Bảng 3.1: PL, PM, PS positive large, Medium, Small, và tương tự cho Negative NL, NM, NS, ZE.



Hình 1. Quá trình thu thập biểu diễn đánh giá hệ cơ sở tri thức

Từ phương trình (1) của hệ mờ Sugeno cho thấy phần kết luận của luật là một hàm tuyến tính và đầu ra được tính như sau:

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^N (T_{j=1}^n A_{ij}(X_j) f_i(X_1, X_2, \dots, X_n))}{\sum_{j=1}^N T_{j=1}^n A_{ij}(X_j)} \quad (2)$$

Trong đó: T là phép toán T-Norm thể hiện qua phép

hợp thành supstar.

$A_{ij}(x_j)$ là các giá trị ngôn ngữ của luật thứ i tương ứng trên x_j , $f(.)$ là hàm tuyến tính có dạng:

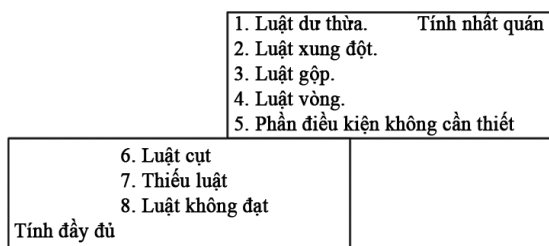
$$f_i(X_1, X_2, \dots, X_n) = P_{i0} + P_{i1}X_1 + \dots + P_{in}X_n \quad (3)$$

Trong đó $P_{i0}, P_{i1}, \dots, P_{in}$ là các thông số. Các thông số này được xác định theo bình phương tối thiểu hoặc sử dụng gradient.

Trong khi đó hệ luật mờ theo Mandani có dạng: if x is A and y is B Then z is C (4)
Trong đó x, y, z là các biến và A, B, C là các giá trị ngôn ngữ, trong đó $\langle x \text{ is } A \text{ and } y \text{ is } B \rangle$ là phần điều kiện và $\langle z \text{ is } C \rangle$ là phần kết luận.

2.2 Tối ưu trong hệ cơ sở tri thức

Tập luật trong một cơ sở tri thức có khả năng dư thừa, trùng lặp hoặc mâu thuẫn. Do đó việc tối ưu một hệ cơ sở tri thức là rất cần thiết. Trên Hình 2 biểu diễn quá trình xem xét các luật có tính nhất quán và đầy đủ [3]. Có năm yếu tố ảnh hưởng tới tính nhất quán, thống nhất của các luật và ba yếu tố ảnh hưởng đến tính đầy đủ của các luật trong hệ cơ sở tri thức. Xem xét tính nhất quán và đầy đủ trong một hệ cơ sở tri thức là một phương pháp tìm kiếm heuristic, một sự bất thường có thể được xem xét như là một lỗi, và không đảm bảo rằng tất cả các bất thường sẽ được phát hiện.



Hình 2. Xét các luật theo tính nhất quán và đầy đủ

2.2.1. Luật dư thừa

Hai luật dư thừa có phần điều kiện và phần kết luận của luật là tương tự nhau. Luật 1 và Luật 2 là ví dụ về dư thừa luật.

- Luật 1: NẾU X là con gái Y VÀ Y là con gái của Z THÌ X là cháu của Z .
- Luật 2: NẾU Y là con gái của Z VÀ X là con gái của Y THÌ X là cháu của Z .

Cả hai luật sẽ đều là hợp lý và sẽ rút ra những kết luận tương tự " X là cháu của Z ". Dư thừa sẽ không xảy ra ngoại trừ các phần điều kiện luật hoặc các kết luận là có khác nhau. Luật 3 và luật 4 là ví dụ dư thừa ngữ nghĩa:

- Luật 3: NẾU X là con gái Y THÌ X là nữ.
- Luật 4: NẾU X là con gái Y THÌ X là người phụ nữ.

Dư thừa ngữ nghĩa là khó khăn hơn để phát hiện vì hệ thống không biết rằng người phụ nữ và nữ có cùng một nghĩa trong hai luật.

2.2.2. Luật xung đột

Luật xung đột là luật có phần điều kiện giống nhau nhưng có phần kết luận trái ngược nhau. Luật 5 và Luật 6 là ví dụ về mâu thuẫn luật.

- Luật 5: NẾU Nhiệt độ nóng VÀ Độ ẩm cao THÌ Sẽ có ánh nắng mặt trời.
- Luật 6: NẾU Nhiệt độ nóng VÀ Độ ẩm cao THÌ Sẽ có giông bão.

Với cùng một thông tin luật 5 kết luận rằng sẽ có ánh nắng mặt trời, luật 6 sẽ có sấm sét. Các kết luận này mâu thuẫn nhau.

2.2.3. Luật gộp

Một luật được coi là gộp vào luật khác khi phần kết luận của cả hai luật là giống hệt nhau và luật gộp chứa phần điều kiện sẽ được bổ sung các thông tin. Điều này làm cho luật mới luôn luôn hợp lý.

Ví dụ, hãy xem xét luật 7 và luật 8:

- Luật 7: NẾU X là con gái Y VÀ X không phải là con trai Y THÌ X là nữ.
 - Luật 8: NẾU X là con gái Y THÌ X là nữ.
- Cả hai luật có cùng một kết luận, và luật 8 đã có ở phần đầu luật 7.

2.2.4. Luật tạo ra vòng khép kín

Các luật là khép kín NẾU như tập các luật tạo ra một vòng khép kín. Có thể thấy luật 9, luật 10 và luật 11 tạo ra một vòng khép kín như sau:

- Luật 9: NẾU nhiệt độ cơ thể của $X > 38$ độ C THÌ X bị sốt.
- Luật 10: NẾU X bị sốt VÀ X có điểm màu hồng trên da THÌ bệnh của X là sốt xuất huyết.
- Luật 11: NẾU bệnh của X là bệnh xuất huyết THÌ Nhiệt độ cơ thể của $X > 38$ độ C.

Từ các luật 9, luật 10, luật 11 có thể thấy kết luận của luật này lại là điều kiện của luật kia và như vậy trong quá trình suy luận sẽ tạo ra một vòng lặp không kết thúc.

2.2.5. Phần điều kiện của luật khác nhau

Hai luật có chứa phần điều kiện khác nhau, nhưng có cùng phần kết luận hoặc phần điều kiện của luật xung đột với phần điều kiện của luật khác, ví dụ luật 12 và luật 13:

- Luật 12: NẾU có nắng VÀ đó là mùa hè THÌ Nhiệt độ nóng.
- Luật 13: NẾU không có nắng VÀ đó là mùa hè THÌ Nhiệt độ nóng.

Tính xung đột giữa hai phần điều kiện của luật 13 và 12 thể hiện trái ngược nhau và có thể bằng việc gộp lại như sau:

- Luật 14: NẾU Đó là mùa hè THÌ Nhiệt độ nóng.

2.2.6. Thiếu luật, luật không đầy đủ

Thiếu luật và hệ luật không đầy đủ luôn luôn

xây ra trong khi xây dựng hệ cơ sở tri thức. Điều này có thể cản trở đến kết luận trong thực hiện lập luận tiến cũng như lập luận lùi.

- Luật 15: NẾU X bị sốt cao VÀ X có điểm màu hồng trên da THÌ bệnh của X là sốt xuất huyết.

Nếu thiếu luật sẽ ảnh hưởng đến quá trình suy diễn trong lập luận tiến cũng như lùi. Luật không đầy đủ trong các hệ cơ sở luật thể hiện các sự kiện không được sử dụng trong quá trình suy luận, mục tiêu không có.

2.2.7. Luật không chính xác

Luật không chính xác là luật không đáp ứng được yêu cầu và làm sai lệch trong lập luận tiến và lập luận lùi. Một luật không chính xác thể hiện trong các trường hợp có thể do thiếu luật, hoặc thiếu dữ liệu cũng như thiếu các sự kiện.

3. Ứng dụng việc đánh giá tri thức cho thiết kế hệ điều khiển mờ

Hệ điều khiển mờ được xây dựng từ các tri thức mờ, hay nói một cách khác là được xây dựng từ các luật mờ. Luật mờ chứa trong hệ luật mờ và có dạng (1). Để có thể đánh giá được hệ cơ sở tri thức mờ, xuất phát từ các mục trong phần 2. Hệ luật mờ sẽ được xem xét như sau:

3.1. Xem xét hệ luật qua phương pháp đánh giá

3.1.1. Tính đầy đủ

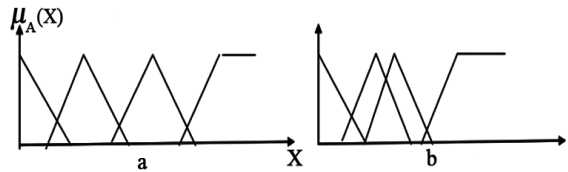
Như đã trình bày tính chất đầy đủ của hệ cơ sở tri thức mờ cần thiết phải được xem xét. Nếu như hệ cơ sở tri thức mờ được xây dựng từ dữ liệu và nếu như đề cập đến tính đầy đủ của nó trước tiên phải xem xét đến khái niệm về đầy đủ trong hệ luật mờ. Điều đó có nghĩa là:

- Phân hoạch mờ của một đầu vào phải đầy đủ.
- Cấu trúc luật mờ của hệ cơ sở tri thức cũng phải đầy đủ.

Từ các điều kiện trên có thể hiểu nếu hệ cơ sở tri thức mờ vi phạm một trong hai điều kiện đó có nghĩa là hệ cơ sở tri thức mờ đó không đầy đủ, và đầu ra của hệ chỉ thể hiện cho một số trường hợp nhất định. Với hệ cơ sở tri thức $A_1(x), A_2(x), \dots, A_M(x)$ mờ là đầy đủ khi đầu ra của nó có đủ các giá trị trong khoảng xác định của luật mờ. Để có thể phân tích thỏa đáng các điều kiện của tính đầy đủ chúng ta đi từ điều kiện ban đầu về phân hoạch các tín hiệu đầu vào của hệ mờ [5,6]. Giả sử là tín hiệu x được phân hoạch trên M không gian con của hệ mờ và đặc trưng bởi x , trên vũ trụ U . Như vậy một phân hoạch là đầy đủ khi thỏa mãn như trên Hình 3.1.

Trên Hình 3.1 cho thấy hàm thuộc dạng tam giác thể hiện cho đầu vào luật mờ:

- a) thể hiện tính đầy đủ
- b) thể hiện tính không đầy đủ



Hình 3.1. Dạng đầu vào của hệ tri thức mờ

Như vậy với trường hợp b) cần phải chỉnh sửa bởi vì độ khác biệt giữa hai giá trị ngữ nghĩa rất ít. Để có thể đạt đến một hàm đầu vào thỏa mãn, tạo ra một phân hoạch đầy đủ cần thiết phải chỉnh sửa các giá trị đầu vào.

Một tiếp cận cho việc đánh giá tính đầy đủ của hệ cơ sở tri thức mờ đó là sử dụng độ đo tương tự (Similarity). Độ đo tương tự mờ cho phép xác định hai tập mờ có bằng nhau hay không. Giả sử ta có hai giá trị ngôn ngữ A và B thì độ đo tương tự được định nghĩa. Nếu $S(A, B) = 1$ thì hai giá trị ngôn ngữ $A = B$, nếu $S(A, B) = 0$ thì A không trùng khít lên B và độ đo $S(A, B)$ có giá trị từ 0 đến 1.

3.1.2. Tính chính xác

Số lượng các luật mờ là bao nhiêu để có thể xác định được tính chính xác của hệ thống vật lý cụ thể. Giả sử hệ cơ sở tri thức mờ có m đầu vào. Mỗi một đầu vào có thể phân hoạch trên M không gian con và như vậy sẽ có M^m luật trong hệ cơ sở tri thức mờ. Từ cấu trúc cụ thể đó với M^m luật có thể nói hệ cơ sở tri thức mờ đó chưa được tối ưu hóa. Nhưng điều đó sẽ gây ra cho việc tính toán với các phép toán lớn trong quá trình thực hiện suy diễn trong hệ mờ [3, 4].

3.1.3. Tính nhất quán

Tính nhất quán của hệ cơ sở tri thức mờ thể hiện nếu như các luật được chính xác hóa từ các chuyên gia công nghệ. Mặt khác nếu như hệ luật mờ được tự động xây dựng qua thu thập từ dữ liệu, nó sẽ chứa đựng những nhân tố không thỏa mãn. Ở đây vấn đề không chỉ xem xét tính nhất quán giữa các luật xây dựng từ dữ liệu thu thập, mà còn phải xem tính nhất quán của các luật mờ với ý kiến của các chuyên gia. Chính vì thế hệ cơ sở tri thức mờ cần xem xét tính nhất quán với các điều kiện ở Hình 2.

3.2. Thử nghiệm sử dụng hệ tri thức để xây dựng chương trình đo và điều khiển nhiệt độ

Phương trình hệ thống lò nhiệt có dạng như sau [6]:

$$y(k+1) = ay(k) + b / (1 + \exp(0.5y(k) - r)) u(k) + (1-a)y_0$$

$$\text{với } a = \exp(-pTs); b = (q/p)(1 - \exp(pTs))$$

$$Ts = 25; r = 40; y_0 = 25;$$

$$p = 1.00151 \cdot 10^{-4}; q = 8.6797 \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Với hệ luật điều khiển mờ [6] Bảng 3.1: Mỗi một ô trong Bảng 3.1 được hiểu là:

$$\text{If } e(t) = ZE \text{ and } c(t) = PL \text{ then } u(t) = PL \quad (5)$$

Trong đó $e(t)$ là sai lệch điều khiển, $c(t)$ là sự thay đổi của sai lệch điều khiển. Các giá trị ngôn ngữ được định nghĩa trong mục 2.1. Với các đầu vào/ra sử dụng hàm gauss. Với 25 luật mờ của bộ điều khiển được cho trong Bảng 3.1 [6]

Bảng 3.1. Hệ luật điều khiển mờ

		Error, e(t)						
		NLL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
Change Error c(t)	PL				PL	PL	PL	PL
	PM				PM	PM	PM	PL
	PS			PS	PS	PS	PM	PL
	ZE	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
	NS			NS	NS	NS		
	NM				NM			
	NL				NL			

Bảng 3.2. Hệ luật điều khiển mờ mới hình thành qua quá trình đánh giá

		Error, e(t)						
		NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
Change Error c(t)	PL				PL		PL	
	PM				PM	PM	PM	PL
	PS			PS	PS	PS		PL
	ZE				ZE			
	NS			NS	NS	NS		
	NM				NM			
	NL				NL			

Để xem xét hệ luật trên Bảng 3.1 đã tối ưu chưa, trên cơ sở mục 2 và các phần 3.1 của bài báo theo:

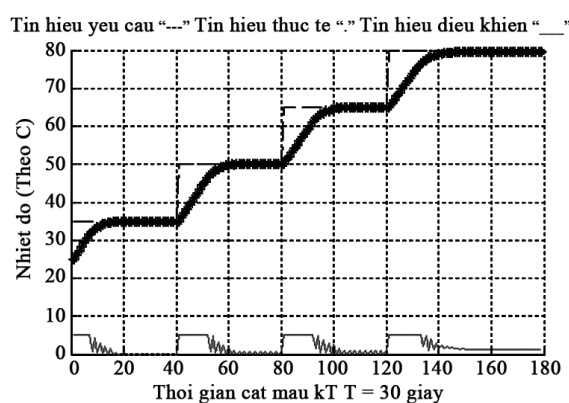
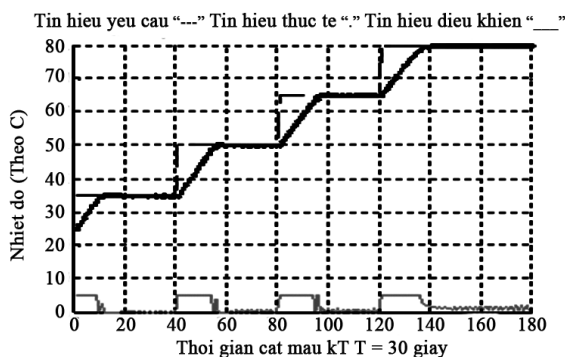
- Kiểm tra tính dư thừa của hệ luật
- Phát hiện các luật có tri thức gộp.
- Phát hiện các luật có tính mâu thuẫn, xung đột.
- Phát hiện các luật tạo ra hình vòng
- Phát hiện các luật có phần điều kiện không

hợp lý

- Kiểm tra tính đầy đủ của luật mờ
- Đánh giá tính nhất quán của hệ luật
- Đánh giá tính chính xác của hệ luật

Hệ luật với 25 luật từ [6] cho thấy 25 luật này là chính xác. Vấn đề còn lại là đã tối ưu hay chưa. Qua các bước đánh giá với tính chất nhất quán, tính

chính xác, đầy đủ và cuối cùng, nhận được hệ luật mới (Bảng 3.2) với 16 luật. Trên Hình 3.2 cho thấy kết quả mô phỏng là giống nhau khi số luật điều khiển mờ là khác nhau.



Hình 3.2. Đáp ứng ra của hệ điều khiển lò nhiệt tiệm cận với tín hiệu yêu cầu
a) 25 luật, b) 16 luật (dưới)

4. Kết luận

Bài báo trình bày quá trình đánh giá hệ luật mờ theo các tiêu chí về tính đầy đủ, tính chính xác, tính nhất quán của hệ cơ sở tri thức mờ trong khi thiết kế hệ điều khiển mờ. Trong thực tế khi xây dựng các bộ điều khiển mờ thì các luật trong hệ cơ sở tri thức mờ được thu thập từ các chuyên gia công nghệ, chuyên gia điều khiển hoặc phát hiện tri thức từ dữ liệu. Các luật đó mới ở dạng cơ bản ban đầu, còn thiếu, dư thừa hoặc thiếu chính xác và vì vậy cần phải được đánh giá và xem xét lại. Quá trình đánh giá cho phép giảm thiểu đáng kể thời gian tính toán trong quá trình suy diễn cũng như việc tính toán cho các tác động ra và như vậy đáp ứng được yêu cầu về mặt thời gian cho các quá trình điều khiển.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Le Ba Dung, *Knowledge Based System and Applications*, Lecture in Hanoi University of Science and Technology, Genetic Computer School joint Education Program.

- [2]. Hoàng Kiêm, Đỗ Văn Nhơn, Đỗ Phúc, *Giáo trình Các hệ cơ sở tri thức*, Đại Học Quốc Gia TP HCM, 2002.
- [3]. Adrian A.Hopgood, *Knowledge Based Systems for Engineers and Scientists*, The Open University CRC Press, London, Tokyo 1998.
- [4]. Jiawei Han, Micheline Kamber, *Data Mining Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers, 2nd Edition, 2006.
- [5]. C. A. C. Belchior, R. A. M. Araújo, J. A. C. Landeckb, *Dissolved Oxygen Control of The Activated Sludge Wastewater Treatment Process using Stable Adaptive Fuzzy Control*, Computers and Chemical Engineering, 37: 152-162, 2012.
- [6]. C.S.George Lee, *Neural Fuzzy System*, Prentice Hall International, 1995.

A METHOD OF FUZZY KNOWLEDGE VERIFICATION IN FUZZY LOGIC CONTROL

Abstract:

The paper refers to the construction process of the fuzzy logic knowledge-based systems or knowledge discovery in data. In terms of this knowledge-based systems when constructed at the beginning, it is necessary to assess the rules so that there is no excess for the built rules, but it is complete, accurate and consistent. Due to this basis, in stead of using the given fuzzy control rule system for 25 rules, it is shortened to 16 rules by the authors. Simulation results for the oven temperature controller gives the same output demand.

Keywords: Fuzzy logic, Fuzzy rules verification, fuzzy control, fuzzy knowledge based system.