

## NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN HÀM THUỘC CHO MÔ HÌNH DỰ BÁO NGUY CƠ ỚNG CẤP NƯỚC BỊ CHẤT Ô NHIỄM XÂM NHẬP

ThS. **PHẠM THỊ MINH LÀNH**

Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

TS. **PHẠM HÀ HẢI**

Đại học Kiến Trúc Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Ba yếu tố dẫn đến hiện tượng ống cấp nước bị chất ô nhiễm xâm nhập là khả năng xảy ra vỡ ống; khả năng xuất hiện áp suất âm; khả năng ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm tới ống cấp nước đều mang tính không chắc chắn, không có hàm xác suất của biến cố mà chỉ ước lượng được mức độ xảy ra hiện tượng. Lý thuyết logic mờ là một trong những công cụ được sử dụng để đánh giá các hiện tượng ngẫu nhiên và không chắc chắn này. Logic mờ được xây dựng dựa trên thông tin về tập mờ, thông tin này càng chính xác thì kết quả nghiên cứu càng đáng độ tin cậy, vậy nên bước lựa chọn dạng tập mờ là cần thiết. Từ việc xác định độ nhạy trung bình của các dạng hàm thuộc khác nhau trong bài báo này đề xuất hình dạng tập mờ phù hợp cho các biến nghiên cứu.

Từ khóa: Ống cấp nước, chất ô nhiễm xâm nhập, logic mờ, độ nhạy tập mờ, dạng hàm thuộc, áp va âm

Abstract: Three factors leading to contaminants intrusion into the water supply pipe includes: the probability of pipe failure; the potential of negative pressure surge appearance; contaminant sources outside the water supply pipe. They are uncertain, do not define the probability function of the event but only evaluate the possibility of occurrence. The fuzzy logic theory is one of the best method used to evaluate these random and uncertain phenomena. Fuzzy logic is based on information about fuzzy sets, the more accurate this information is more reliable the results, so the membership functions selection of is necessary. Based on the theory and the average sensitivity functions, in this paper proposed the membership functions be suitable for three factors.

Key words: water supply pipe, contaminant intrusion, fuzzy logic, fuzzy set sensitivity, membership function, negative pressure surge.

### 1. Đặt vấn đề

Dự báo chất ô nhiễm xâm nhập trên từng đoạn ống trong mạng lưới cấp nước (RCP) dựa vào 3 biến đầu vào là xác suất vỡ ống  $P_f$ , áp suất âm trong thời gian đóng van  $H_n$  xuất hiện trên đường ống và đoạn ống hỏng nằm trong vùng ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm  $S_c$  [1]. Trong lý thuyết logic cổ điển, để đo khả năng xuất hiện một biến cố thường sử dụng tiêu chuẩn xác suất là có xảy ra  $P$  hoặc không xảy ra  $\bar{P} = 1 - P$  [2]. Trong khi đó, ba biến đầu vào của bài toán đều là những thông tin không chắc chắn hoặc không rõ ràng được đo bằng mức độ thấp - trung bình - cao hoặc rất cao. Lúc này đối tượng không chỉ có hai giá trị có/không như trong logic cổ điển mà có nhiều hơn hai trạng thái để xem xét, như vậy, cần một phương pháp khác để đánh giá mức độ xảy ra của một hiện tượng không chắc chắn.

Lý thuyết mờ được giáo sư Lotfi Zadeh của trường đại học California - Mỹ đề ra năm 1965 và nhanh chóng được ứng dụng rộng rãi [3]. Lý thuyết được dùng để đánh giá các thông tin không rõ ràng bằng các tập hợp mờ (Fuzzy set), hàm thuộc (Membership function) và logic mờ (Fuzzy logic). Các khái niệm tập mờ ngày càng phong phú và hoàn chỉnh đã tạo nền tảng vững chắc để phát triển logic mờ.

Logic mờ được phát triển trên lý thuyết tập hợp và lý thuyết logic cổ điển nên nó bao gồm toàn bộ các tính chất của tập hợp và thực hiện lập luận một cách xấp xỉ thay vì lập luận chính xác như trong logic cổ điển. Phần chính trong logic mờ là xác định mối quan hệ nguyên nhân và hệ quả của hiện tượng nghiên cứu từ đó hình thành các luật mờ bằng các mệnh đề Nếu - Thì. Mỗi giá trị hàm thuộc của biến vào tương ứng với một luật mờ và hợp của các luật mờ để xác định giá trị thuộc của một biến ra, các luật mờ được kết hợp theo quy tắc luật

hợp thành mờ. Để áp dụng logic mờ cho bài toán RCP cần xem xét tập mờ phù hợp cho biến đầu vào của bài toán.

Nghiên cứu khác của tác giả Mansour –Rezaei và cộng sự đã sử dụng logic mờ để ước lượng biến số cho bài toán RCP [1]. Tác giả đưa ra các hàm thuộc hình L, gamma tuyến tính và tam giác để xây dựng tập mờ của ba biến đầu vào cho bài toán RCP tuy nhiên tác giả chưa xem xét mức độ phù hợp của biến nghiên cứu và dạng tập mờ đã lựa chọn. Một phân tích mang tính định lượng cũng được tác giả Yan [4] sử dụng khi xem xét các yếu tố dẫn đến chất ô nhiễm xâm nhập ống cấp nước. Hàm thuộc dạng tam giác và dạng hình thang được xây dựng để đánh giá chỉ số không chắc chắn của các đại lượng liên quan như tải trọng vận tải, vị trí ống, môi trường đất... trong bài toán RCP và phân tích khoảng dao động của các hàm thuộc qua các kịch bản nhưng tác giả không xét đến các dạng hàm thuộc khác nhau.

Một số nghiên cứu tiếp cận theo hướng đánh giá khả năng ô nhiễm nước trên ống dẫn bằng các chỉ số chất lượng nước (độ đục, hàm lượng clo dư, chỉ số E-coli,...) cũng sử dụng dạng tập mờ hình thang và tam giác [5], [6]. Qua các nghiên cứu cho thấy việc đánh giá hình dạng phù hợp của tập mờ không được xét tới trong bài toán RCP, trong khi

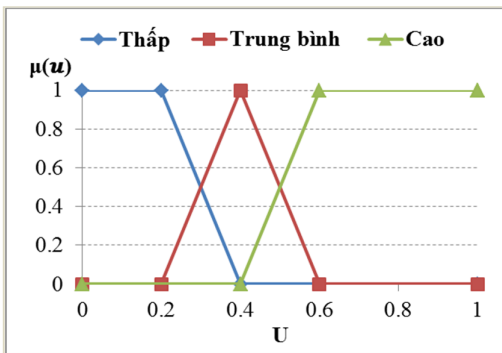
đặc điểm này quyết định độ nhạy khi đánh giá mức độ ảnh hưởng của các biến không chắc chắn. Vậy nên trong bài báo sẽ đưa ra lựa chọn hàm thuộc cho ba yếu tố đầu vào dựa trên các đề xuất về phương trình vi phân xác định độ nhạy trung bình của các dạng hàm thuộc khác nhau trong lý thuyết tập mờ.

**2. Nội dung nghiên cứu**

**2.1 Cơ sở lý thuyết tập mờ**

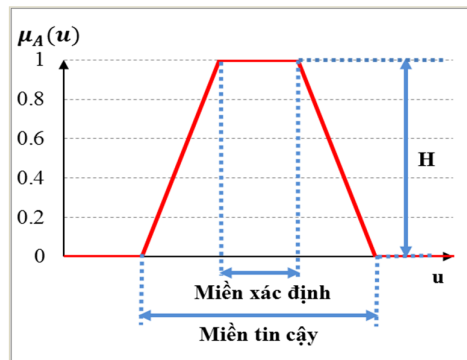
Tập mờ được phát triển từ khái niệm tập hợp cơ bản, với tất cả các giá trị thuộc tập hợp được cho là 1 và giá trị không thuộc tập hợp nhận giá trị 0, các giá trị còn lại nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Ví dụ tập A là tập hợp các khả năng vỡ ống cao trên 0,4 là 1 thì ngược lại các giá trị có khả năng xảy ra thấp nằm trong khoảng từ 0-0,2 sẽ là 0 vì không thuộc tập hợp, các giá trị lớn hơn 0,2 và nhỏ hơn 0,6 nằm trong giới hạn trung bình, không thấp cũng không cao được gọi là trung bình sẽ nhận các giá trị hàm thuộc tăng dần từ 0 đến 1, vậy tập mờ A sẽ có ba cấp độ được biểu diễn như hình 1. Định nghĩa tập mờ được phát biểu như sau: *Tập mờ A trong miền xác định U với các giá trị u được xác định:  $A = \{ \mu_A(u) | u : u \in U, \mu_A(u) \in [0,1] \}$ .*

Trong đó hàm thuộc  $\mu(A): U \rightarrow [0,1]$ ;  $\mu_A(u)$  được gọi là độ thuộc của phần tử u thuộc về tập mờ A.



**Hình 1.** Tập mờ A với miền xác định U

Độ cao tập mờ H cho thấy mức độ phụ thuộc cao nhất của u vào tập mờ A, H=1 được gọi là chính tắc; H<1 gọi là không chính tắc. Một tập mờ được chia làm hai miền như hình 2, miền xác định  $U_1$  là tập hợp các tập con M thỏa mãn  $U_1 = \{ \mu_M(u) > 0, \forall u \in M \}$  và miền tin cậy  $U_2$  là tập hợp các tập con N thỏa mãn điều kiện

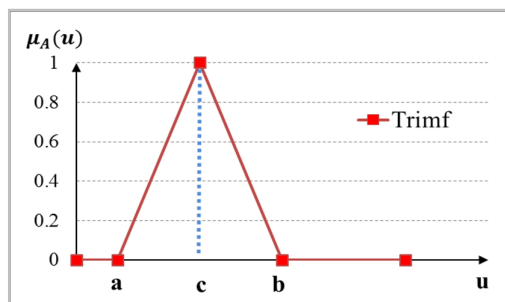


**Hình 2.** Đặc điểm tập mờ

$U_2 = \{ \mu_N(u) = 1, \forall u \in N \}$ . Hình dạng tập mờ phụ thuộc vào các kiểu hàm thuộc khác nhau và trong nghiên cứu này sẽ xem xét các dạng hàm thuộc: hình tam giác, hình L, hình Gamma tuyến tính, hình Gaussian và hình Sigmoidal. Các tập mờ được xác định với cận dưới, cận trên và các giá trị giữa cận dưới và cận trên.

Hàm thuộc tam giác (Trimf-Triangular shaped membership function) trong hình 3:

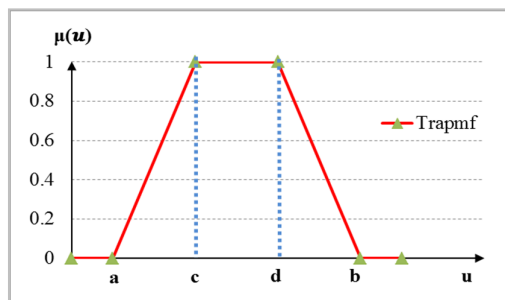
$$\mu_{Trimf}(u) = \begin{cases} 0 & \text{khi } u \leq a; u \geq b \\ \frac{u-a}{c-a} & \text{khi } a < u < c \\ \frac{b-u}{b-c} & \text{khi } c < u < b \\ 1 & \text{khi } u = c \end{cases}$$



Hình 3. Hàm thuộc dạng tam giác

Hàm thuộc hình thang (Trapmf) hình 4:

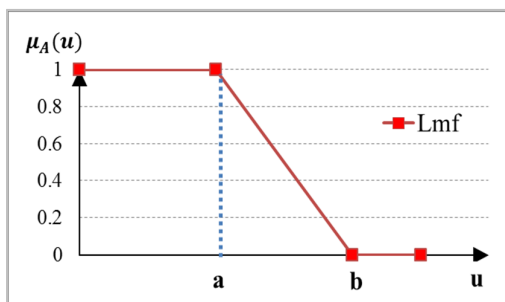
$$\mu_{Trapmf}(u) = \begin{cases} 0 & \text{khi } u \leq a \\ \frac{u-a}{c-a} & \text{khi } a \leq u \leq c \\ 1 & \text{khi } c \leq u \leq d \\ \frac{b-u}{b-d} & \text{khi } d \leq u \leq b \\ 0 & \text{khi } b \leq u \end{cases}$$



Hình 4. Hàm thuộc hình thang

Tập mờ A được xác định theo hàm thuộc dạng L (Lmf) như hình 5 có:

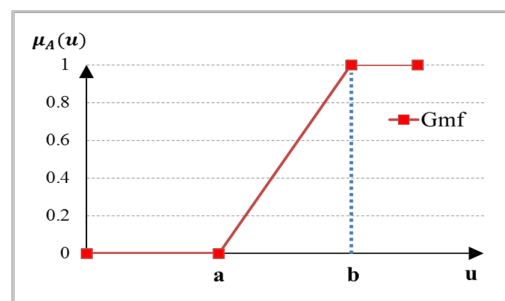
$$\mu_{Lmf}(u) = \begin{cases} 1 & \text{khi } u \leq a \\ \frac{b-u}{b-a} & \text{khi } a < u < b \\ 0 & \text{khi } u \geq b \end{cases}$$



Hình 5. Hàm thuộc dạng L

Tập mờ A có hàm thuộc dạng Gamma tuyến tính (Gmf) như hình 6 là:

$$\mu_{Gmf}(u) = \begin{cases} 0 & \text{khi } u \leq a \\ \frac{b-u}{b-a} & \text{khi } a < u < b \\ 1 & \text{khi } u \geq b \end{cases}$$



Hình 6. Hàm thuộc dạng Gamma tuyến tính

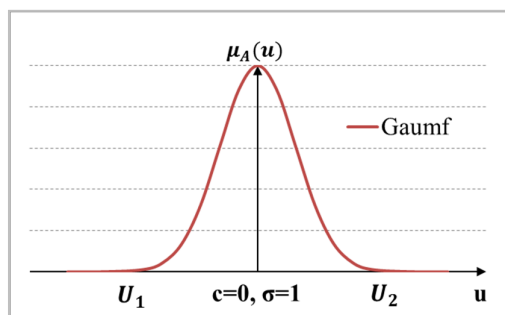
Hàm thuộc Gaussian của tập mờ A có dạng đường cong hình chuông và được xác định theo công thức:

$$\mu_{Gaumf}(u) = e^{-\frac{(u-c)^2}{2\sigma^2}}$$

-  $\sigma$ ,  $c$  lần lượt là tham số hình dạng tương ứng của giá trị độ lệch chuẩn và giá trị trung bình của đường cong;

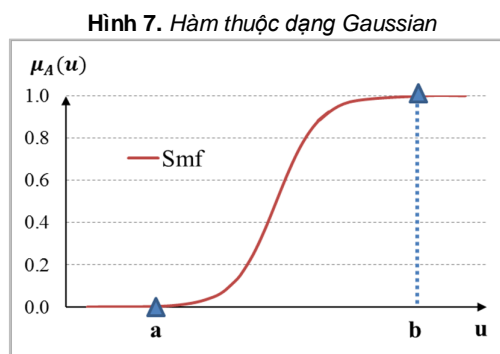
- Hình 7 biểu diễn trường hợp  $c=0$  và  $\sigma=1$  của hàm Gaussian chuẩn (Gaumf):

$$\mu_{Gaumf}(u) = e^{-\frac{u^2}{2}}$$



Hàm thuộc Sigmoidal dạng S của tập mờ A như hình 8 có:

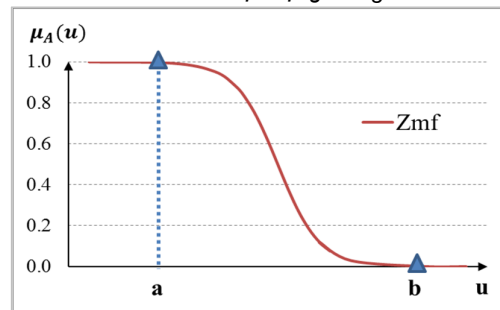
$$\mu_{Smf}(u) = \begin{cases} 0 & \text{khi } u \leq a \\ 2\left(\frac{u-a}{b-a}\right)^2 & \text{khi } a \leq u \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{u-b}{b-a}\right)^2 & \text{khi } \frac{a+b}{2} \leq u \leq b \\ 1 & \text{khi } u \geq b \end{cases}$$



Hình 8. Hàm thuộc dạng S-Sigmoidal

Hàm thuộc Sigmoidal dạng Z của tập mờ A như hình 9 xác định như sau:

$$\mu_{Zmf}(u) = \begin{cases} 1 & \text{khi } u \leq a \\ 1-2\left(\frac{u-a}{b-a}\right)^2 & \text{khi } a \leq u \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{u-b}{b-a}\right)^2 & \text{khi } \frac{a+b}{2} \leq u \leq b \\ 0 & \text{khi } u \geq b \end{cases}$$



Hình 9. Hàm thuộc dạng Z-Sigmoidal

Tính chất của tập mờ cũng giống tính chất tập hợp cổ điển bao gồm phép giao, phép hợp, các tính chất này được định nghĩa thông qua các hàm thuộc của các tập con mờ.

**2.2 Các biến đầu vào của bài toán RCP**

Bài toán RCP có ba yếu tố đầu vào và một yếu tố đầu ra là xác suất đường ống cấp nước bị chất ô nhiễm xâm nhập (P<sub>c</sub>), trong đó một yếu tố vào là khả năng vỡ ống (P<sub>f</sub>) được đánh giá ở 4 mức độ,

mỗi mức độ tương đương với một tập mờ có miền xác định nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Hai yếu tố nguy cơ còn lại là độ lớn của áp suất âm có khả năng xuất hiện cao nhất trong ống (H<sub>n</sub>) và khả năng ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm (S<sub>c</sub>) được đánh giá với 3 tập mờ thấp, trung bình và cao như bảng 1. Bài báo sử dụng chữ cái đầu của tên tập mờ làm kí hiệu tập mờ để thuận tiện trong quá trình trình bày công thức và lập luận.

**Bảng 1.** Kí hiệu tập mờ của các biến vào và ra trong mô hình nguy cơ

Biến số	Tập mờ				U
P <sub>fi</sub>	Thấp -L <sub>1</sub>	Trung bình-M <sub>1</sub>	Cao-H <sub>1</sub>	Rất Cao-VH <sub>1</sub>	[0 1]
H <sub>ni</sub>	Thấp -L <sub>2</sub>	Trung bình-M <sub>2</sub>	Cao-H <sub>2</sub>	-	[-10 0]
S <sub>ci</sub>	Thấp -L <sub>3</sub>	Trung bình-M <sub>3</sub>	Cao-H <sub>3</sub>	-	[0 1]
P <sub>ci</sub>	Thấp -L	Trung bình-M	Cao-H	Rất Cao-VH	[0 1]

Tập mờ được xác định bởi các yếu tố là miền xác định U, chiều cao tập mờ (được lựa chọn bằng 1) và dạng hàm thuộc. Yếu tố nguy cơ đầu tiên là xác suất xảy ra vỡ ống P<sub>f</sub> được đánh giá trong tập mờ có hình dạng Lmf, Trimf, Gmf và Gaumf, Smf, Zmf, miền xác định như bảng 1. Trong quá trình vận hành mạng lưới cấp nước đường ống cần được xúc rửa định kì nên các van trên đường ống sẽ được đóng mở để thực hiện hoạt động này. Nguy cơ áp

lực âm sinh ra do đóng mở van trên đường ống là yếu tố thứ hai (H<sub>n</sub>) cần xem xét trong bài toán. Áp suất âm trong đường ống có xu hướng đưa dòng chất lỏng có chứa chất ô nhiễm từ bên ngoài đi vào bên trong ống, nguy cơ này được đánh giá ở mức độ thấp-trung bình-cao, mỗi cấp độ tương ứng với một tập mờ có cận dưới, cận trên, đỉnh. Do giá trị H<sub>n</sub> dao động trong khoảng từ 0m đến -10m nên miền xác định của tập mờ sẽ nằm trong khoảng này mà

không nằm trong giới hạn từ 0 đến 1 như hai yếu tố  $P_f$ ,  $S_c$  và các tập mờ cũng được bố trí ngược lại, lúc này tập mờ cao sẽ nằm ở phía bên trái, rồi đến trung bình và thấp, giá trị hàm thuộc thì vẫn dao động trong khoảng [0 1]

**2.3 Độ nhạy của hàm thuộc**

Các dạng hàm thuộc khác nhau thì đặc điểm tập mờ cũng khác nhau, hàm thuộc dạng tam giác, Gaussian có độ mờ biến thiên nhanh, hàm

thuộc dạng hình thang, dạng L, Gamma tuyến tính, Sigmoidal lại có tốc độ biến thiên vừa phải. Trong khi, các yếu tố nghiên cứu được xem xét có trọng số đóng góp như nhau trong một tập mờ vậy nên cần một cơ sở phù hợp để lựa chọn các hàm thuộc có độ biến thiên càng nhỏ càng tốt. Tác giả Hung Nguyen [7] đã đề xuất khái niệm độ nhạy trung bình để đo lường sự biến thiên của các giá trị hàm thuộc trong tập mờ A có miền xác định  $[a b] \rightarrow [0 1]$ :

$$S(A) = \frac{1}{b-a} \int_a^b \left( \frac{d\mu_A(u)}{du} \right)^2 du$$

Áp dụng công thức trên cho các dạng hàm thuộc để xác định độ nhạy trung bình nhỏ nhất:

- Hàm thuộc tam giác (Trimf) với một cận trên (c,1) và hai cận dưới (a,0), (b,0):

$$S(A_{Trimf}) = \frac{1}{b-a} \left( \int_a^c \left( \frac{1}{c-a} \right)^2 du + \int_c^b \left( \frac{1}{c-b} \right)^2 du \right)$$

- Hàm thuộc hình thang (Trapmf) có cận trên (c,1), (d,1) và cận dưới là (a,0), (b,0):

$$S(A_{Trapmf}) = \frac{1}{b-a} \left( \int_a^c \left( \frac{1}{c-a} \right)^2 du + \int_d^b \left( \frac{1}{d-b} \right)^2 du \right)$$

-Hàm thuộc hình L (Lmf) có một cận trên (a,1) và một cận dưới là (b,0):

$$S(A_{Lmf}) = \frac{1}{b-a} \int_a^b \left( \frac{1}{a-b} \right)^2 du$$

- Hàm thuộc Gamma tuyến tính (Gmf) có cận trên (b,1) và cận dưới là (a,0):

$$S(A_{Gmf}) = \frac{1}{b-a} \int_a^b \left( \frac{1}{b-a} \right)^2 du$$

- Hàm thuộc Gaussian (Gaufmf) dao động trong khoảng từ  $U_1$  đến  $U_2$

$$S(A_{Gaufmf}) = \frac{1}{U_2 - U_1} \int_{U_1}^{U_2} \left( -\frac{u-c}{\sigma^2} e^{-\frac{(u-c)^2}{2\sigma^2}} \right)^2 du$$

- Hàm thuộc Sigmoidal dạng S (Smf) trong khoảng [a b]:

$$S(A_{Smf}) = \frac{1}{b-a} \left( \int_a^{\frac{a+b}{2}} \left( 4 \times \frac{x-a}{(b-a)^2} \right)^2 du + \int_{\frac{a+b}{2}}^b \left( -4 \times \frac{x-b}{(b-a)^2} \right)^2 du \right)$$

- Hàm thuộc Sigmoidal dạng Z (Zmf) trong khoảng [a b]:

$$S(A_{Zmf}) = \frac{1}{b-a} \left( \int_a^{\frac{a+b}{2}} \left( -4 \times \frac{x-a}{(b-a)^2} \right)^2 du + \int_{\frac{a+b}{2}}^b \left( 4 \times \frac{x-b}{(b-a)^2} \right)^2 du \right)$$

Các tham số trong công thức độ nhạy trung bình được xác định theo miền xác định của tập mờ, quy ước giá trị miền xác định (U) của các tập mờ theo phương pháp đánh giá trực quan, cực trị của hàm thuộc thiết lập bằng cách chia đều các khoảng trong miền U để đảm bảo kích thước của các tập mờ là

tương đương nhau. Bên cạnh đó, các tập mờ được lấy theo tính chất phần bù, nghĩa là tập mờ trung bình là phần bù của tập mờ thấp và tập mờ cao; tập mờ cao sẽ là phần bù của tập mờ trung bình và tập mờ rất cao để đảm bảo các giá trị đưa vào luôn thuộc một tập mờ nhất định, không bị đưa vào tập

rỗng. Vậy miền U của các tập mờ sẽ đan xen nhau để đảm bảo các hàm thuộc có độ dốc đồng đều, các tham số trong công thức độ nhạy được xác định như trong bảng 2.

**Bảng 2.** Các tham số trong công thức xác định độ nhạy trung bình

A		L <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	VH <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>
U		[0; 0,4]	[0,2;0,6]	[0,4; 0,8]	[0,6; 1,0]	[-5; 0]	[-7,5; -2,5]	[-10; -5]	[0; 0,5]	[0,25; 0,75]	[0,5; 1]
	a/U <sub>1</sub>	0	0,2	0,4	0,6	-5,0	-7,5	-10	0,0	0,25	0,5
	b/U <sub>2</sub>	0,4	0,6	0,8	1,0	0,0	-2,5	-5	0,5	0,75	1,0
Lmf	a	0,2	-	-	-	-	-	-7,5	0,25	-	-
	b	0,4	-	-	-	-	-	-5	0,5	-	-
Gmf	a	-	-	-	0,6	-5,0	-	-	-	-	0,5
	b	-	-	-	0,8	-2,5	-	-	-	-	0,75
Trimf	c	0,2	0,4	0,6	0,8	-2,5	-5	-7,5	0,25	0,5	0,75
Trapmf	c	0,1	0,3	0,5	0,7	-3,5	-6	-8,5	0,15	0,4	0,65
	d	0,3	0,5	0,7	0,9	-1,5	-4	-6,5	0,35	0,6	0,85
Gaumf	c	0,2	0,4	0,6	0,8	-2,5	-5	-7,5	0,25	0,5	0,2
	σ	0,08	0,08	0,08	0,08	0,94	0,94	0,94	0,09	0,09	0,09
Zmf	a	0,2	-	-	-	-	-	-7,5	0,25	-	-
	b	0,4	-	-	-	-	-	-5,0	0,5	-	-
Smf	a	-	-	-	0,6	-5,0	-	-	-	-	0,5
	b	-	-	-	0,8	-2,5	-	-	-	-	0,75

Trong bảng 2 biểu diễn các giá trị biên ở dạng không được xác định, do đặc điểm chỉ có một độ dốc bên phải nên Lmf và Zmf không có giá trị trên tập mờ biên trái VH<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> và H<sub>3</sub>, tương tự hàm thuộc dạng Gmf và Smf chỉ có độ dốc bên trái nên cũng không biểu diễn cho tập mờ biên phải L<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>. Bên cạnh đó, bốn dạng hàm thuộc này khi sử dụng cho tập mờ trung bình (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>) và tập mờ cao (H<sub>1</sub>) đều không có nghĩa. Vậy các dạng Lmf, Gmf và Smf, Zmf chỉ biểu diễn các tập mờ biên nên khoảng dao động [a b] được lựa chọn thỏa mãn điều kiện cận dưới luôn lớn hơn 0 và cận trên luôn nhỏ hơn 1.

Hàm thuộc tam giác (Trimf), hình thang (Trapmf), Gaussian (Gaumf) luôn đối xứng qua trung vị và cùng giá trị miền xác định U= [a b] = [U<sub>1</sub>

U<sub>2</sub>]. Tham số c của Trimf và Gaumf là giá trị trung bình của a và b; riêng đối với Trapmf thì tham số c, d được phân bố đều trên miền U. Giá trị σ của hàm Gaumf được xác định trong công thức phương sai của hàm Gaussian của N giá trị trong khoảng [U<sub>1</sub> U<sub>2</sub>]:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=U_1}^{U_2} (u_i - \bar{u})^2}{N - 1}$$

Giải phương trình vi phân với cận trên và cận dưới như bảng 3 trong phần mềm MATLAB với lệnh int(f,x,a,b), trong đó f là tích phân của biến x trong khoảng từ a đến b, kết hợp bằng tính excel để tính toán các giá trị liên quan. Bảng 3 đưa ra giá trị độ nhạy trung bình của các loại hàm thuộc.

**Bảng 3.** Kết quả độ nhạy trung bình của các dạng hàm thuộc

A	S(A)	Độ nhạy trung bình						
		Lmf	Gmf	Trimf	Trapmf	Gaumf	Zmf	Smf
P <sub>f</sub>	L <sub>1</sub>	125	-	25	50	9,05	33,33	-
	M <sub>1</sub>	-	-	25	50	9,05	-	-
	H <sub>1</sub>	-	-	25	50	9,05	-	-
	VH <sub>1</sub>	-	125	25	50	9,05	-	33,33
H <sub>n</sub>	L <sub>2</sub>	-	0,064	0,16	0,27	0,06	-	0,21
	M <sub>2</sub>	-	-	0,16	0,27	0,06	-	-
	H <sub>2</sub>	0,064	-	0,16	0,27	0,06	0,21	-
S <sub>c</sub>	L <sub>3</sub>	64	-	16	26,7	6,08	21,33	-
	M <sub>3</sub>	-	-	16	26,7	6,08	-	-
	H <sub>3</sub>	-	64	16	26,7	6,08	-	21,33

Xét trong nhóm tập mờ của yếu tố ống vỡ  $P_i$  và  $S_c$  thì hàm thuộc dạng L và Gamma tuyến tính có giá trị độ nhạy trung bình  $S(A)$  là lớn nhất (125 và 64 trong bảng 3) so với các dạng còn lại, trong khi giá trị  $H_n$  của hai dạng hàm thuộc này lại nhỏ hơn dạng hình thang (Trapmf) ( $0,064 < 0,27$ ). Nhìn chung trong 7 dạng hàm thuộc xem xét thì  $S(A)$  của nhóm hàm thuộc dạng Gaussian cho tập mờ ( $M_1, H_1, M_2, M_3$ ) và Sigmoidal cho tập mờ ( $L_1, VH_1, L_2, H_2, L_3, H_3$ ) có giá trị thấp nhất so với các dạng hàm thuộc còn lại, kết quả này cho thấy ba dạng hàm thuộc này (Gaumf, Zmf, Smf) là phù hợp cho biến nghiên cứu.

### 3. Kết luận

Các dạng hàm thuộc của tập mờ được đánh giá độ nhạy trung bình để lựa chọn ra dạng phù hợp nhất với biến nghiên cứu. Kết quả đã đưa ra hàm dạng Gaussian và Sigmoidal phù hợp cho biến nghiên cứu hơn là hàm dạng tam giác, L, Gamma tuyến tính hay hình thang. Với dạng tập mờ đã chọn có thể áp dụng Logic mờ để xác định nguy cơ xảy ra ô nhiễm xâm nhập trên từng đoạn ống cấp nước trong hệ thống phân phối nước dựa trên 3 biến đầu vào là xác suất vỡ ống  $P_i$ , áp lực âm trong thời gian đóng van  $H_n$  xuất hiện trên đường ống và đoạn ống hỏng nằm trong vùng ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm  $S_c$ .

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

- [1] S. Mansour-Rezaei, G. Naser, and R. Sadiq, "Predicting the potential of contaminant intrusion in water distribution systems," no. February, pp. 105–115, 2014.
- [2] Alessandro Birolini, *Reliability Engineering*. NewYork: Springer, 2010.
- [3] George J.Klir; and Bo Yuan, *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers*. NewYork: World Scientific, 1996.
- [4] Jimin Yan, "Risk assessment of contaminant intrusion into water distribution system," Loughborough university, luận văn, 2006.
- [5] M. S. Islam, R. Sadiq, M. J. Rodriguez, H. Najjaran, A. Francisque, and M. Hoorfar, "Evaluating Water Quality Failure Potential in Water Distribution Systems: A Fuzzy-TOPSIS-OWA-based Methodology," *Water Resour. Manag.*, vol. 27, no. 7, pp. 2195–2216, 2013.
- [6] V. K. Patki, S. Shrihari, B. Manu, and P. C. Deka, "Fuzzy system modeling for forecasting water quality index in municipal distribution system," *Urban Water J.*, vol. 12, no. 2, pp. 89–110, 2013.
- [7] Hung T. Nguyen; Nadipuram R.Prasad; Carol L.Walker; Elbert A.Walker, *A First Course in FUZZY and NEURAL CONTROL*, CRC Prss L. Florida: Chapman&Hall/CRC, 2002.

**Ngày nhận bài: 30/11/2017.**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 15/12/2017.**