

# PHÂN CỤM DỰA TRÊN LOGIC MỜ TRONG KHẢO SÁT THỜI GIAN SỐNG CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

## CLUSTERING BASED ON FUZZY LOGIC FOR SURVEYING THE LIFETIME IN WIRELESS SENSOR NETWORK

Phạm Thị Dung, Lê Văn Sơn, Lê Thành Công, Đặng Hùng Vĩ

Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng;

E mail: levansupham2004@yahoo.com, dungsp2012@gmail.com

**Tóm tắt** - Trong báo cáo này, chúng tôi đi sâu nghiên cứu và mở rộng các thuật toán phân cụm ảnh hưởng trực tiếp đến việc khảo sát, phân tích thời gian sống (LifeTime) của các thành phần cấu thành của mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network). Đối với các hệ thống WSN hiện đang tồn tại còn có rất nhiều hạn chế, mà một trong những hạn chế có tính chất thách thức đó chính là nguồn năng lượng bị giới hạn và khó có thể nạp lại. Vì vậy, để giảm thiểu sự tiêu thụ năng lượng nhằm kéo dài tuổi thọ của mạng WSN, phân cụm mờ là một trong những phương pháp mang lại hiệu quả thiết thực với độ tin cậy chấp nhận được.

**Từ khóa** - WSN, Logic mờ, Phương pháp phân cụm, FIS, Hàm thành viên.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, WSN [1] với những tiềm năng nổi trội đã mang lại những ứng dụng thiết thực trong cuộc sống con người [2,3]. Vì vậy, hệ thống mạng loại này đang được giới nghiên cứu quan tâm hàng đầu. Thực chất, WSN là một tập hợp bao gồm các thiết bị cảm biến sử dụng các liên kết không dây để phối hợp thực hiện nhiệm vụ nhằm thu thập thông tin dữ liệu phân tán với quy mô lớn trong bất kỳ điều kiện cũng như bất kỳ địa hình nào. Tuy nhiên, nó tồn tại rất nhiều hạn chế và một trong những thách thức lớn nhất chính là thời gian sống của các node Sensors trong mạng rất ngắn. Tối ưu hóa thời gian sống của mạng là một bài toán phức tạp.

Tuy nhiên, đã có nhiều công trình nghiên cứu với những kết quả chứng minh phân cụm là một kỹ thuật phổ biến với thuật toán Fuzzy C – means của giáo sư Bezdek [4] trong WSN nhằm tiết kiệm năng lượng để nâng cao thời gian sống của các node Sensors. Bằng cách hình thành các cụm, mỗi cụm có một node điều phối viên được gọi là node chủ và một số node thành viên.

Bên cạnh đó, việc thiết kế giao thức để bảo tồn năng lượng nhằm nâng cao thời gian sống của mạng là một lĩnh vực quan trọng đối với các nhà nghiên cứu. Hiện nay, rất nhiều nghiên cứu nhằm phân tích phương pháp phân cụm sử dụng logic mờ [5] cho WSN nhằm tối đa hóa thời gian sống của nó [6].

Chính vì lẽ đó, riêng đối với bài báo cáo này tác giả tập trung nghiên cứu phương pháp phân cụm dựa trên logic mờ trong khảo sát thời gian sống cho WSN.

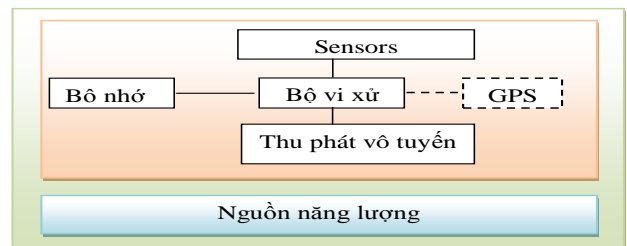
### 2. Mạng cảm biến không dây

Wireless Sensor Network bao gồm số lượng lớn các

**Abstract**- In this paper, we invest more deeply in researching and extend the clustering algorithms that have direct impact on surveying and analyzing for the lifetime of the components in Wireless Sensor Networks. Wireless Sensor Networks have many limitations, in which limited energy resources and rechargeable batteries are one of critical challenges. Therefore, in order to reduce energy consumption for extending the lifetime of Wireless Sensor Networks, the fuzzy clustering approach is one of the effective methods with acceptable reliability.

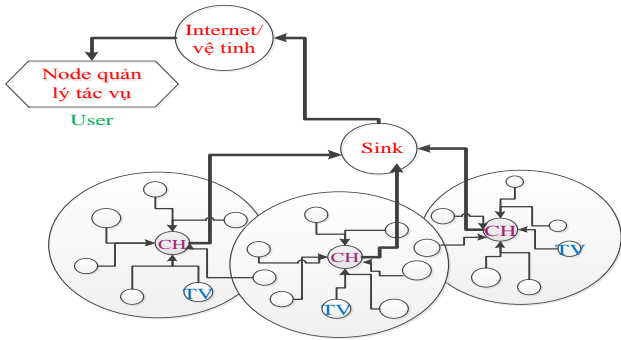
**Key words** - WSN, Fuzzy logic, Clustering method, FIS, Membership functions.

node Sensors phân bố trên diện rộng, ngẫu nhiên nhằm thu thập thông tin về sự thay đổi của môi trường. Mỗi node Sensor là một thiết bị nhỏ bé với những tính toán đơn giản và hạn chế về nguồn năng lượng mà khó có thể thay thế hoặc nạp thêm năng lượng. Một node Sensor có thể thay đổi kích thước từ một hộp khoảng 10 xen – ti – mét đến khoảng một vài mi – li – mét thậm chí chỉ bằng hạt bụi [7]. Vì vậy, chi phí các node Sensors có thể thay đổi từ hàng trăm đô la đến một vài xu, tùy thuộc vào kích thước của WSN. Với hạn chế về kích thước và chi phí dẫn đến các node Sensors cũng hạn chế tương ứng về các mặt tài nguyên như pin, bộ nhớ, tốc độ tính toán và băng thông [8]. Tuy nhiên, mỗi node Sensor bao gồm một số thành phần cơ bản như sau.



**Hình 1.** Thành phần của node Sensor

Trong đó, Sensors là các cảm biến của node nhằm cảm nhận về sự thay đổi của môi trường. Bộ xử lý có nhiệm vụ xử lý các dữ liệu khi các Sensors cảm nhận được. Thu phát vô tuyến tức là thiết bị trao đổi thông tin liên lạc từ node chủ của mỗi cụm đến trung tâm dữ liệu (node Sink) và có thể hình dung qua sơ đồ sau.



Hình 2. Cấu trúc hoạt động của phân cụm trong WSN

Cuối cùng, GPS [9] chính là thiết bị định vị nhằm xác định vị trí chính xác của các node Sensors trong hệ thống mạng.

Như vậy việc tiêu hao năng lượng của các node Sensors trong WSN chủ yếu bởi ba thành phần chính là các Sensors, bộ xử lý dữ liệu và việc thu phát vô tuyến dữ liệu hay còn gọi là truyền thông dữ liệu. Tuy nhiên, các Sensors là thành phần tiêu tốn năng lượng ít nhất so với xử lý và truyền thông dữ liệu. Vì vậy, hệ thống logic mờ sẽ sử dụng cơ chế điều khiển của mình nhằm kích hoạt các phần còn lại của các node Sensors trong WSN đồng thời cũng chính vì thế mà làm cho sự hoạt động của các node Sensors rơi vào một trong hai trạng thái hoạt động hoặc nghỉ ngơi. Do đó, WSN sử dụng cơ chế điều khiển của logic mờ sẽ hoạt động như mạng cảm biến thông minh và tiết kiệm được nguồn năng lượng. Đồng thời với những ưu điểm riêng của hệ thống logic mờ nhằm khắc phục những hạn chế của WSN là một tài sản vô cùng quan trọng.

### 3. Logic mờ và thuật toán FCM mờ rộng

#### 3.1. Logic mờ

Logic mờ [10] được phát triển từ lý thuyết tập mờ nhằm thực hiện một lập luận xấp xỉ thay vì một lập luận chính xác như logic vị từ. Logic mờ có thể dùng để xử lý các giá trị trong thế giới thực cho những bài toán phức tạp (Kir 1997).

Riêng đối với các node Sensors trong mạng WSN hoạt động chủ yếu bởi nguồn năng lượng là pin và bố trí ở ngoài môi trường hoặc ở những nơi nguy hiểm. Đồng thời, nó còn được thiết kế nhằm theo dõi các hiện tượng vật lý, phát hiện sự thay đổi của các sự kiện cũng như phân loại đối tượng trong môi trường. Do đó, thiết kế bằng mô hình toán học để các Sensors trong hệ thống hoạt động tốt và tối ưu nguồn năng lượng là rất khó khăn.

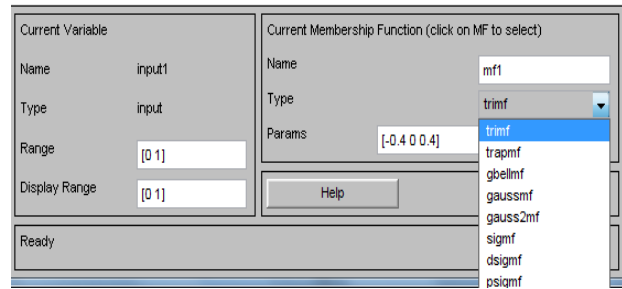
Với tính thiếu chính xác như vậy, logic mờ là một kỹ thuật rất hữu ích nhằm thiết kế mà không cần biết trước mô hình. Đồng thời, nó sử dụng ngôn ngữ của con người để mô tả đầu vào và đầu ra, cung cấp một phương pháp đơn giản để đạt được một kết luận từ thông tin đầu vào không chính xác, mơ hồ hoặc không rõ ràng. Logic mờ là một hệ thống bao gồm một tập luật mờ được thiết lập để xác định các mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra. Hơn nữa, với một vài mẫu dữ liệu cũng có thể cung cấp một kết quả chính xác với những tiềm năng được khai thác trong một loạt các lĩnh vực như xử lý tín hiệu, nhận

dạng giọng nói, hàng không vũ trụ, robot, bộ điều khiển nhúng, mạng.

Logic mờ sẽ phân tích các thông tin bằng cách sử dụng tập mờ. Tập mờ được định nghĩa bởi đẳng thức sau.

$$A^{\sim} = \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_{A^{\sim}}(u_i) / u_i : u_i \in U, \mu_{A^{\sim}}(u_i) \in [0, 1] \right\} \quad (1)$$

Trong đó  $\mu_{A^{\sim}}(u_i) \in [0, 1]$  là giá trị hàm thành viên thể hiện mức độ phụ thuộc của mỗi điểm dữ liệu trong tập mờ. Với  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  là các phần tử trên tập vũ trụ  $U$ . Tùy thuộc vào hình dạng của hàm thành viên, các loại tập mờ có thể là

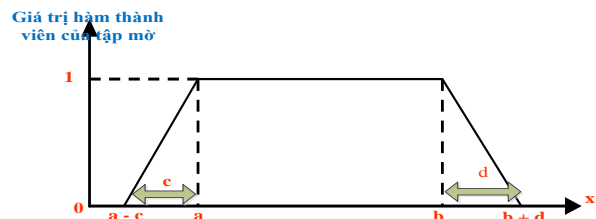


Hình 3. Các dạng hàm thành viên trong tập mờ

Riêng đối với hàm thành viên trong tập mờ thì chủ yếu sử dụng bởi hai hình dạng chính đó là trimf (hình tam giác) và trapmf (hình thang). Tập mờ  $A^{\sim}$  có dạng hình thang xác định bởi bộ bốn giá trị  $(a, b, c, d)$ , ký hiệu  $A^{\sim} = (a, b, c, d)$  và được xác định như sau.

$$\mu_{A^{\sim}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{nếu } x \leq a - c \\ \frac{x - a + c}{c}, & \text{nếu } a - c \leq x < a \\ 1, & \text{nếu } a \leq x \leq b \\ \frac{b + d - x}{d}, & \text{nếu } b < x \leq b + d \\ 0, & \text{nếu } b + d < x \end{cases} \quad (2)$$

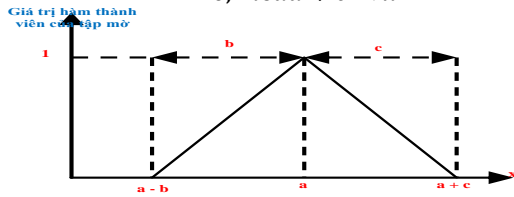
Hàm thành viên của số mờ hình thang được minh họa bởi mô hình bên dưới.



Hình 4. Hàm thành viên của số mờ hình thang

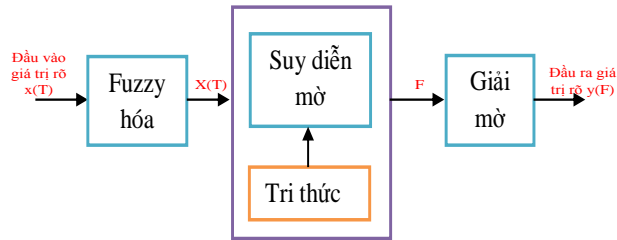
Đối với số mờ tam giác có hàm thành viên dạng hình tam giác được xác định bởi bộ 3 giá trị  $(a, b, c)$ , ký hiệu  $A^{\sim} = (a, b, c)$  và được xác định như sau.

$$\mu_{A^{\sim}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{nếu } x < a - b \\ \frac{x-a+b}{b}, & \text{nếu } a - b \leq x \leq a \\ \frac{a+c-x}{c}, & \text{nếu } a < x \leq a + c \\ 0, & \text{nếu } a + c < x \end{cases} \quad (3)$$



Hình 5. Hàm thành viên của số mờ tam giác

Hệ thống logic mờ được thể hiện thông qua một mô hình gồm có ba giai đoạn, như sau.



Hình 6. Cấu trúc hệ thống Logic mờ

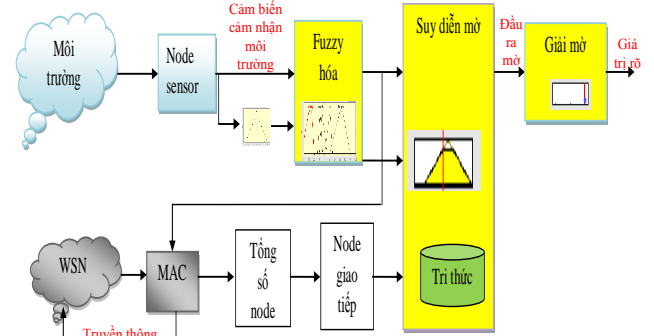
Trong đó, giai đoạn Fuzzy hóa có nhiệm vụ chuyển đổi một giá trị rõ đầu vào  $x(T)$  thành một vector  $X(T)$  gồm các giá trị thể hiện mức độ phụ thuộc của giá trị rõ đầu vào theo các giá trị mờ đã được định nghĩa cho các biến ngôn ngữ đầu vào và điều kiện của các luật. Đến với giai đoạn thứ 2, suy diễn mờ. Giai đoạn này thực hiện dựa trên sự cung cấp các tri thức tức là các luật. Cơ sở luật chỉ đơn giản là một loạt các *If ... Then...* liên quan đến các biến mờ đầu vào với các biến mờ đầu ra bằng các biến ngôn ngữ. *...Then* được gọi là các tiên điều kiện, giữa các tiên điều kiện có thể kết hợp các phép toán AND hoặc OR hoặc cũng có thể sử dụng các phép toán MAX – MIN giữa các tiên điều kiện. Kết quả của giai đoạn này sẽ sinh ra các giá trị trong tập mờ  $F$  các biến ngôn ngữ đầu ra. Giai đoạn cuối cùng, khâu giải mờ sẽ có nhiệm vụ chuyển đổi tập mờ  $F$  thành một giá trị rõ  $y(F)$  chấp nhận cho đối tượng và kết hợp tất cả các kết luận suy ra từ các luật để có một kết luận cuối cùng.

Tuy nhiên, trong ba bước thực hiện đối với hệ thống logic mờ thì bước 2 là quan trọng nhất vì bước này chính là hệ thống suy diễn mờ “FIS – Fuzzy Inference System”. FIS rất phù hợp với những khó khăn của các node Sensors trong hệ thống mạng vì nó đơn giản và có thể thực hiện trên phần cứng bị hạn chế; nó có thể xử lý dữ liệu không đáng tin cậy.

Ngoài ra, FIS còn có một số tính năng không kém phần quan trọng trong Wireless Sensor Network. Đầu tiên, FIS trong logic mờ có thể thiết kế một hệ thống đang chạy bằng cách sử dụng một mô hình trực quan, mô tả thông qua những suy luận thông thường của con người về các vấn đề. Thứ hai, FIS linh hoạt có thể xây dựng dựa trên kiến thức chuyên môn, phối hợp với các phương pháp kiểm soát thông thường, đồng thời nó dễ dàng thêm hoặc thay đổi chức năng trong hệ thống. Thứ ba, FIS thực

hiện việc tính toán nhanh, đó là một điều quan trọng vì khả năng xử lý của node Sensor có giới hạn. Cuối cùng, FIS có thể thực hiện với ít bộ nhớ đó là một tài sản mong muốn trong mạng cảm biến không dây bởi vì các node trong hệ thống bị giới hạn về bộ nhớ.

Logic mờ với những tiềm năng mang lại đối với mạng cảm biến không dây như vậy, cụ thể sự liên quan giữa hai thành phần này được minh họa thông qua một mô hình bên dưới.



Hình 7. Cấu trúc D - FLER

### 3.2. Thuật toán Fuzzy C- means (FCM)mở rộng

Cho  $u = (u_1, u_2, \dots, u_c)$  là phân hoạch mờ  $C$ .

$$U_{c \times n} = \begin{pmatrix} u_{11} & \dots & u_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{c1} & \dots & u_{cn} \end{pmatrix}$$

Thuật toán FCM mở rộng dựa trên thuật toán FCM là một thuật toán nhằm phân hoạch một tập  $n$  vector đối tượng dữ liệu  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in R^d$  thành  $c$  nhóm mờ với một số tiêu chí nhất định tức là  $U_{i=1}^c A_i^{\sim} = X$  dựa trên tính toán tối ưu hóa của hàm mục tiêu được xác định bởi công thức (4) sau.

$$J_m(X; U, V) = \min_{M_{fcn}} J_m(X; U, V) = \min(\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|_{A^{\sim}}^2) \quad (4)$$

Trong đó,  $U = [u_{ik}] \in R^{c \times n}$  được gọi là ma trận phân hoạch mờ với  $u_{ik}$  là giá trị của hàm thành viên.

$V = [v_1, v_2, \dots, v_c], v_i \in R^c$  là một vector cụm trung tâm được xác định bởi công thức (5) sau.

$$D_{ik_{A^{\sim}}}^2 = \|x_k - v_i\|_{A^{\sim}}^2 = \left[ \sum_{j=1}^d (x_{kj} - v_{ij}) \right]^{1/2} \quad (5)$$

Với  $m \in [1, \infty)$  được gọi là tham số mờ, thường được chọn  $m = 2$ .

Trong không gian  $R^{c \times d}$  tập tất cả các ma trận phân hoạch mờ  $U$  được cho bởi công thức (6) sau.

$$M_{fcn} = \begin{cases} U \in R^{c \times d, \forall i, k: u_{ik} \in [0,1]} \\ \sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \\ 0 < \sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 < n \end{cases} \quad (6)$$

Như vậy, để tối thiểu hàm mục tiêu khi và chỉ khi các công thức (7) và (8) được xác định bên dưới.

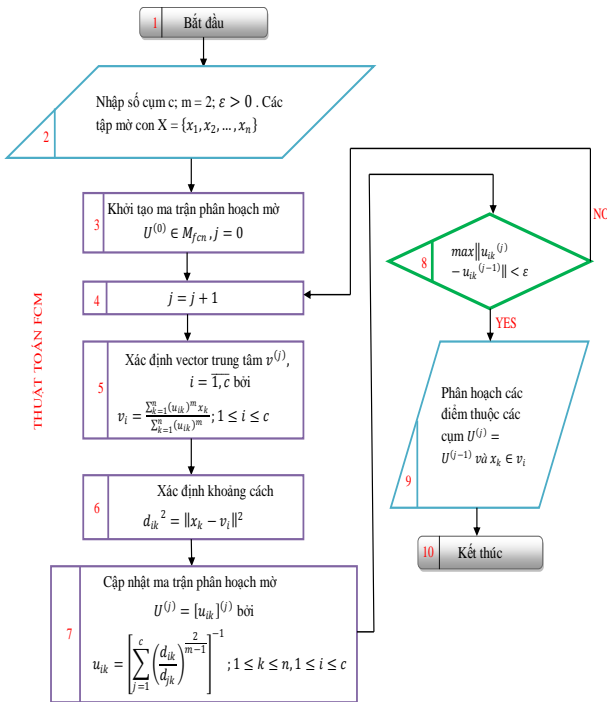
$$\forall_{\substack{1 \leq i \leq c \\ 1 \leq k \leq n}} u_{ik} = \left[ \sum_{j=1}^c \left( \frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$\text{Và } v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_{ki}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (8)$$

Cụ thể hơn nữa, thuật toán FCM mở rộng được biểu diễn toàn bộ qua một sơ đồ khối bao gồm 10 bước như sau.

Trong đó, bước 2 và bước 9 tương ứng với Input và Output của thuật toán. Các bước còn lại thực hiện tuần tự nhằm phân hoạch các điểm dữ liệu thuộc các cụm đã xác định trước.

Để phân hoạch được các điểm khi và chỉ khi bước 8 trong thuật toán thỏa mãn.



Hình 8. Thuật toán FCM mở rộng

Gọi T là số lần lặp thực hiện của thuật toán FCM mở rộng. Riêng đối với thuật toán này độ phức tạp của nó chính là O(T).

3.3. Ví dụ minh họa thuật toán FCM

Để dễ dàng hình dung các bước thực hiện thuật toán FCM mở rộng chúng ta có thể thực hiện một ví dụ sau.

Cho tập vũ trụ  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$  với  $x_1 = \{5, 5\}$ ,

$x_2 = \{6, 8\}, x_3 = \{8, 10\}, x_4 = \{9, 12\}$ . Với  $m = 2, \epsilon = 0.01$ .

Giả sử khởi tạo 2 cụm ( $c = 2$ ) với  $v_1 = \{5, 7\}, v_2 = \{8, 11\}$  và được biểu diễn bởi ma trận phân hoạch sau.

$$U^{(0)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 1 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & 0 & 1 & 1 \end{matrix} \end{matrix}$$

Sử dụng thuật toán FCM mở rộng hãy xác định phân cụm tối ưu.

**Giải.**

Theo các bước thực hiện của thuật toán FCM mở rộng trên, ta thực hiện tuần tự như sau.

Với lần lặp đầu tiên.

Tính toán lại những cụm trung tâm với công thức (8) sau.

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^4 (u_{ik})^2 x_{ki}}{\sum_{k=1}^4 (u_{ik})^2}$$

Ta tính được tọa độ trung tâm của các cụm như sau.

$$v_1 = (11/2, 13/2) \text{ và } v_2 = (17/2, 11)$$

Tiếp tục thực hiện bước 6 trong thuật toán như sau.

Khoảng cách đối với cụm 1	Khoảng cách đối với cụm 2
$d_{11} = \sqrt{10}/2$	$d_{21} = \sqrt{10}/2$
$d_{21} = \sqrt{10}/2$	$d_{22} = \sqrt{61}/2$
$d_{31} = 2\sqrt{2}$	$d_{32} = \sqrt{5}/2$
$d_{41} = \sqrt{170}/2$	$d_{42} = \sqrt{5}/2$

Tiếp tục thực hiện các bước 7 và 8 như sau.

Giá trị phụ thuộc đối với cụm 1	Giá trị phụ thuộc đối với cụm 2
$u_{11} = 0.5$	$u_{12} = 1 - 0.5 = 0.5$
$u_{21} = 0.86$	$u_{12} = 1 - 0.86 = 0.14$
$u_{31} = 0.09$	$u_{12} = 1 - 0.09 = 0.91$
$u_{41} = 0.03$	$u_{12} = 1 - 0.03 = 0.97$

Từ bảng trên, ta có ma trận phân hoạch ở lần lặp thứ nhất sau.

$$U^{(1)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0.5 & 0.86 & 0.09 & 0.03 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0.5 \\ 0.14 \end{matrix} & \begin{matrix} 0.91 & 0.97 \end{matrix} \end{matrix}$$

Tiếp tục kiểm tra thuật toán dừng hay chưa tương ứng với bước 8 như sau.

$$\begin{aligned} & \max_{ik} \{ |u_{ik}^{(j)} - u_{ik}^{(j-1)}| < \epsilon \} \\ \Leftrightarrow & \max_{ik} \{ |u_{ik}^{(1)} - u_{ik}^{(0)}| < \epsilon \} \end{aligned}$$

$$\leftrightarrow \max_{ik} \{(0.5 - 1), (0.86 - 1), (0.09 - 0), (0.03 - 0), (0.5 - 0), (0.14 - 0), (0.91 - 1), (0.97 - 1)\} = 0.5 > \varepsilon = 0.01$$

Điều kiện này chưa thỏa mãn nên tiếp tục thực hiện các bước tương tự ở các lần tiếp theo.

Sau khi qua 4 lần lặp, tức là  $j = 4$ . Kết quả cuối cùng như sau.

$$U^{(4)} = U^{(3)} =$$

0.83	0.87	0.05	0.04
0.17	0.13	0.95	0.96

Như vậy, với tập dữ liệu ban đầu chúng ta xác định được như sau.

$$\begin{cases} x_1 \& x_2 \in v_2 \\ x_3 \& x_4 \in v_4 \end{cases}$$

Ngoài ra, việc phân cụm đối với thuật toán FCM mở rộng này cũng có thể minh họa bởi đoạn mã như sau.

Để thực hiện sự phân cụm, đầu tiên chúng ta phải tạo ra một file dữ liệu gồm số điểm và số cụm.

Sau đó, để xác định cụm trung tâm với câu lệnh như sau

$$[center, U, obj\_fcm] = fcm(fcndata, cluster\_n)$$

Với center: Biến dùng để thể hiện tọa độ của 2 cụm trung tâm.

U: Chứa giá trị hàm thành viên đối với mỗi điểm dữ liệu.

obj\_fcm: Chứa giá trị lịch sử của hàm mục tiêu mà mỗi lần lặp lại.

```
1 - load fcndata.dat
2 - [center, U, obj_fcm] = fcm(fcndata, 2);
3 - maxU = max(U);
4 - index1 = find(U(1, :) == maxU);
5 - index2 = find(U(2, :) == maxU);
6 - line(fcndata(index1, 1), fcndata(index1, 2), 'linestyle',...
7 - 'none', 'marker', 'o', 'color', 'b');
8 - line(fcndata(index2, 1), fcndata(index2, 2), 'linestyle',...
9 - 'none', 'marker', 'x', 'color', 'r');
10 - hold on
11 - plot(center(1,1), center(1,2), 'ko', 'markersize', 69, 'LineWidth', 3)
12 - plot(center(2,1), center(2,2), 'kx', 'markersize', 69, 'LineWidth', 3)
```

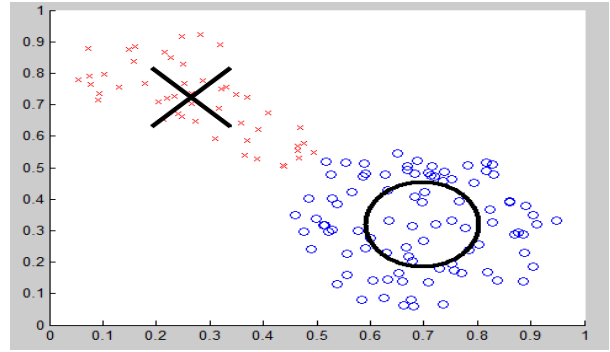
Hình 9. Demo thuật toán FCM mở rộng

Kết quả sau khi qua 12 lần lặp như sau.

Iteration	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U(1,1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U(1,2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
U(2,1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U(2,2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
obj_fcm	1.0000	0.8600	0.7300	0.6200	0.5300	0.4600	0.4000	0.3500	0.3100	0.2700	0.2400	0.2100	0.1900

Hình 10. Số lần thực hiện của thuật toán FCM

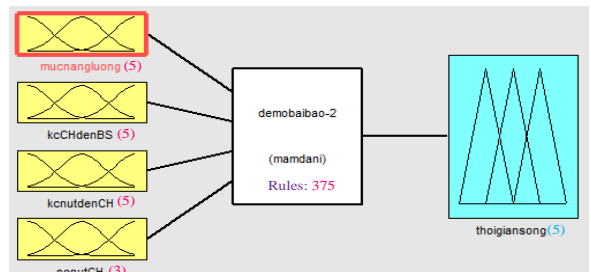
Cuối cùng, kết quả phân tách các điểm thành 2 cụm như sau.



Hình 11. Kết quả thuật toán FCM

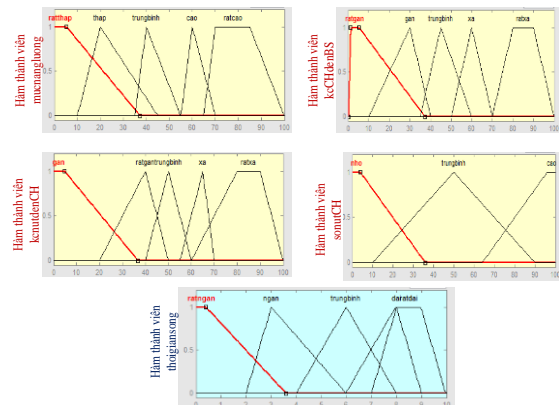
4. Khảo sát và đánh giá

Riêng đối với bài báo này, nhằm tăng tuổi thọ của các node Sensors trong hệ thống mạng, nhóm tác giả nghiên cứu khả năng ứng dụng của logic mờ trong mạng cảm biến không dây và thiết kế một mô hình mô phỏng cụ thể gồm bốn đầu vào và một đầu ra. Mô hình cụ thể như sau.



Hình 12. Cấu trúc hệ thống 4 – Input và 1 – Output

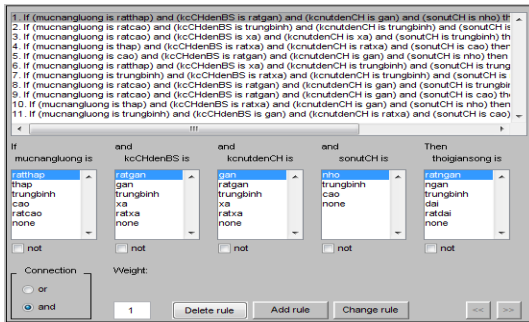
Riêng đối với cấu trúc hệ thống ở hình trên, thực chất mỗi đầu vào chính là một bộ điều khiển mờ. Hệ điều này như đã giới thiệu, đầu vào của nó chính là các giá trị rõ cụ thể được tác giả xây dựng nằm trong [0 100]. Với các giá trị rõ đầu vào sau khi đi vào hệ thống điều khiển dưới các suy diễn mờ sử dụng các biến ngôn ngữ, kết quả đầu ra cũng chính là một giá trị rõ nằm trong [0 100]. Như vậy, dưới sự hỗ trợ của công cụ Matlab [11] chúng ta sẽ xác định được các hàm thành viên của ba đầu vào và được kết quả như sau.



Hình 13. Kết quả mô phỏng hàm thành viên của Input

Sau khi chúng ta đã định nghĩa được các hàm thành viên của đầu vào, tiếp tục đến với quá trình sinh luật. Cụ thể chúng ta đã xác định được 125 luật, riêng tác giả chỉ minh họa 11 luật được định nghĩa như sau.

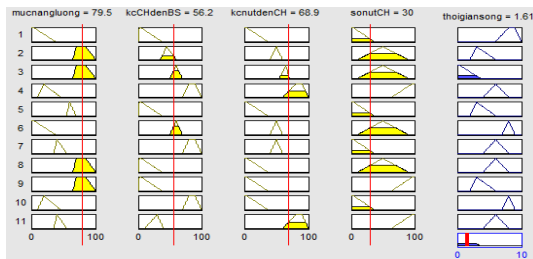




Hình 14. Các luật của hệ thống

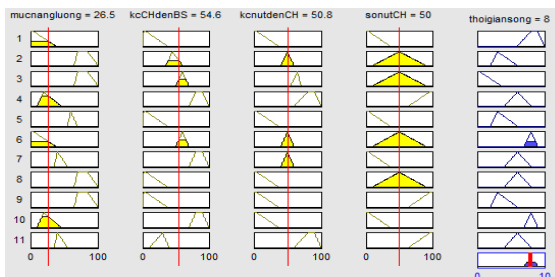
Lúc này, thời gian sống của các node Sensors trong hệ thống mạng thay đổi chính là do sự thay đổi các tham số đầu vào của Input mà chính nhóm tác giả thiết kế. Kết quả sẽ có rất nhiều trường hợp mô phỏng nhằm đánh giá thời gian sống của mạng.

Đối với trường hợp 1, thời gian sống của mạng với 30 cụm như sau.



Hình 15. Thời gian sống của mạng với 30 cụm

Đối với trường hợp 2, với hệ thống chia thành 50 cụm thì kết quả như sau.



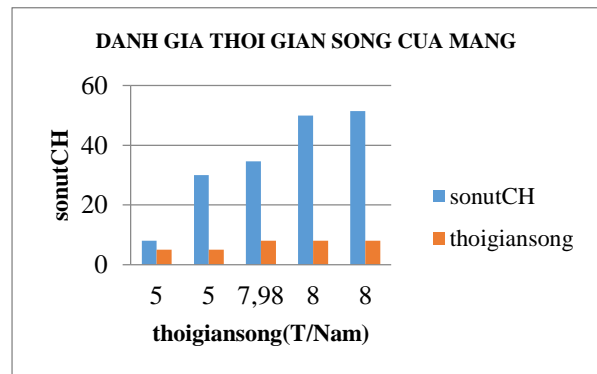
Hình 16. Thời gian sống của mạng với 50 cụm

Qua rất nhiều phương án thử nghiệm nhằm đánh giá kết luận cuối cùng thì nó phụ thuộc vào các tham số đầu vào của hệ thống logic mờ. Riêng đối với sự đánh giá thời gian sống của mạng, các tác giả đánh giá một trong bốn tham số đại diện cho đầu vào là sonutCH nhằm đánh giá thời gian sống của mạng với dữ liệu thử nghiệm như sau.

sonutCH	thoigiansong
8	5
30	5
34.6	7.98
50	8
51.5	8

Hình 17. Dữ liệu thử nghiệm khi thực hiện các kịch bản

Kết quả thống kê như sau



Hình 18. Đánh giá thời gian sống của mạng phụ thuộc vào sonutCH

Như vậy, thời gian sống của các node Sensors có xu hướng tăng lên khi số node chủ tăng lên.

### 5. Kết luận

Qua đề tài này, các tác giả đã hệ thống hóa và mở rộng các thuật toán phân cụm nhằm cho phép khảo sát đầy đủ về thời gian sống của WSN.

Đồng thời, nhóm nghiên cứu cũng đã tập trung xây dựng các kịch bản khác nhau và tiến hành thử nghiệm với các tham số đại diện đầu vào để đánh giá thời gian sống của một WSN cụ thể và hiệu quả hơn.

Riêng phần minh chứng cho cải tiến FCM được tiến hành với sự trợ giúp của Matlab.

### Tài liệu tham khảo

- [1] X. Chen, "Research on hierarchical mobile wireless sensor network architecture with mobile sensor nodes," in 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), vol. 7, Oct. 2010, pp. 2863-2867.
- [2] T.M. F. Kuhn and R. Wattenhofer, "Initializing newly deployed ad hoc and sensor networks," in 10th annual international conference on Mobile computing and networking, New York, NY, USA, 2004, pp. 260-274.
- [3] Mohd Ezwan Jalil, "Positioning and Location Tracking Using Wireless Sensor Network," 2011.
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_clustering](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_clustering)
- [5] D. R. I. Gupta and S. Sampalli, "Cluster -head election using fuzzy logic for wireless sensor networks," in 3rd Annual Conference on Communication Networks and Services Research, vol. 2, 2005.
- [6] J. Ibric and I. Mahgoub, "Cluster - based routing in wireless sensor networks: issues and challenges (SPECTS)," in Symposium on Performance Evaluation of Computer Telecommunication Systems, 2004.
- [7] Q. L. Haining Shu and J. Gao, "Wireless Sensor Network Lifetime Analysis Using Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 16, no. 2, pp. 416-427, 2008.
- [8] S. A. a. o. Budiarto. (2012, Jul.) The wireless sensor network. [Online]. accessed on 26th Aug. 2012,
- [9] [http://students.netindonesia.net/blogs/ui\\_thefarmers/archive/2010/04/23/wireless-sensor-networks-how-do-they-work.aspx](http://students.netindonesia.net/blogs/ui_thefarmers/archive/2010/04/23/wireless-sensor-networks-how-do-they-work.aspx)
- [10] [http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)
- [11] [http://vi.wikipedia.org/wiki/Logic\\_m%E1%BB%9D](http://vi.wikipedia.org/wiki/Logic_m%E1%BB%9D)
- [12] <http://bass.gmu.edu/matlab/labdocs/LabinsM.pdf>

