

MỤC LỤC

MỤC LỤC	2
I. FUZZY LOGIC	3
1. Tổng quan về Fuzzy logic	3
2. Ví dụ về Fuzzy logic.....	3
3. Các dạng hàm thành viên.....	4
4. Các phép toán trên tập mờ	4
II. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN	4
1. Biến ngôn ngữ.....	5
2. Biểu diễn các tập mờ	5
3. Giả sử bài toán	7
III. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ	8
1. Cài đặt các gói thư viện	8
2. Định nghĩa các biến ngôn ngữ.....	8
3. Định nghĩa các tập mờ.....	9
4. Định nghĩa và cho hệ thống học các luật mờ	9
5. Nhập dữ liệu kiểm thử và cho kết quả.....	10
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	11

I. FUZZY LOGIC

Phần này nói về các khái niệm cơ bản của Fuzzy logic, một số ví dụ minh họa cũng như các tính chất cơ bản để thực hiện các bài toán liên quan ứng dụng Fuzzy logic.

1. Tổng quan về Fuzzy logic

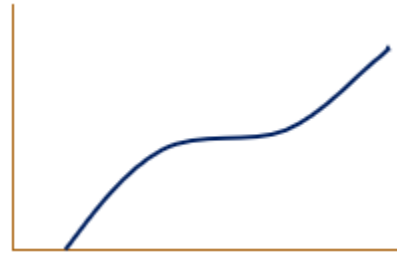
Để giải quyết các bài toán, các chuyên gia thường sử dụng tri thức một cách ngẫu nhiên. Với các tri thức này thường khó diễn tả, không rõ ràng khi sử dụng các hệ thống Logic truyền thống (logic vị từ, ...). Hiện nay, Fuzzy logic [1] hay còn gọi là logic mờ đã đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là các hệ thống điều khiển mờ.

2. Ví dụ về Fuzzy logic

Phân tích Hình 1.1a và Hình 1.1b để chỉ ra sự khác nhau giữa “tập rõ” đại diện cho Hệ thống logic truyền thống và “tập mờ” đại diện cho Logic mờ:



Hình 1.1a. Tập rõ



Hình 1.1b. Tập mờ

Với tập rõ, đầu vào có thể đa dạng, nhưng đầu ra chỉ có 2 giá trị đúng/ sai hay thuộc/ không thuộc, được biểu diễn tổng quát:

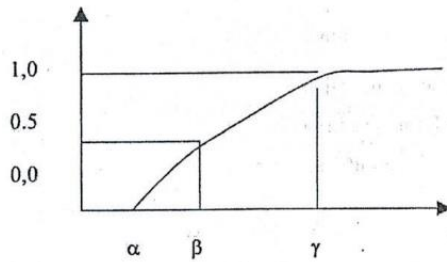
- Nếu $x \in A$, $\chi(x) = 1$;
- Nếu $x \notin A$, $\chi(x) = 0$.

Với tập mờ, đầu vào đa dạng dẫn đến đầu ra cũng được thể hiện ở nhiều kết quả hơn, thể hiện độ đúng với điều kiện của hệ thống, được biểu diễn tổng quát như ví dụ với tập mờ **Rich** (thể hiện độ giàu có của một người) với quy ước tài sản dưới 5000\$ thì nghèo, trên 5000\$ thì giàu:

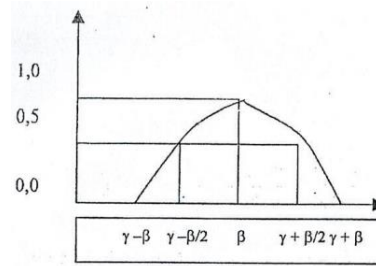
- A có 1000\$, suy ra $\mu(A) = 0.1$;
- B có 5000\$, suy ra $\mu(B) = 0.5$;
- C có 9000\$, suy ra $\mu(C) = 0.9$;

Vậy ta nói, A nghèo, B giàu, nhưng C lại giàu hơn B.

3. Các dạng hàm thành viên



Hình 1.2a. Dạng tăng



Hình 1.2b. Dạng chuông

Hàm thành viên của tập mờ có 03 dạng:

- Dạng tăng (S) như hình vẽ được cho ở Hình 1.2a;
- Dạng giảm ($1 - S$);
- Dạng chuông như hình vẽ được cho ở Hình 1.2b.

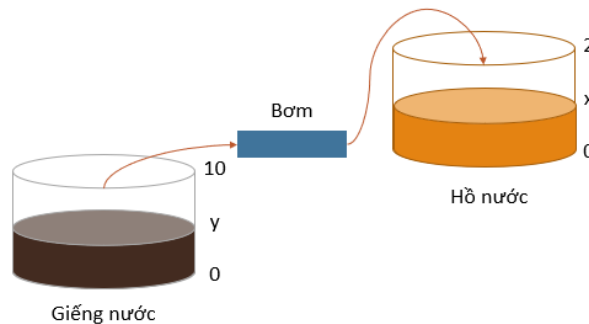
4. Các phép toán trên tập mờ

Cho 3 tập mờ A, B, C với $\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x)$:

- $C = A \cap B: \mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$
- $C = A \cup B: \mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$
- $C = \neg A: \mu_C(x) = 1 - \mu_A(x)$.

II. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN

Phần này phân tích bài toán ứng dụng Fuzzy logic: Giải bài toán điều khiển tự động mờ cho hệ thống bơm nước lấy từ giếng. Trong khi hồ hết nước và trong giếng có nước thì máy bơm tự động bơm. Minh họa hệ thống như Hình 2.1.



Hình 2.1. Minh họa hệ thống bơm nước tự động

Nguyên lý hoạt động bơm nước được cho như bảng sau:

Tương ứng với luật mờ:

➤ **Luật 1:** if **Hồ lưng** and **Nước cao** then **Bơm vừa**.

➤ **Luật 2:** if **Hồ cạn** and **Nước cao** then **Bơm lâu**.

➤ **Luật 3:** if **Hồ lưng** and **Nước vừa** then **Bơm vừa**.

➤ **Luật 4:** if **Hồ cạn** and **Nước vừa** then **Bơm hơi lâu**.

	Hồ đầy	Hồ lưng	Hồ cạn
Nước cao	0	Bơm vừa	Bơm lâu
Nước vừa	0	Bơm vừa	Bơm hơi lâu
Nước ít	0	0	0

1. Biến ngôn ngữ

Bài toán đã cho có 03 biến ngôn ngữ, trong đó:

- 02 biến ngôn ngữ đầu vào là Hồ nước (chiều cao được cho từ 0 đến 2 mét) và Giếng nước (chiều cao được cho từ 0 đến 10 mét).
- 01 biến ngôn ngữ đầu ra là Thời gian bơm (thời gian bơm từ 0 đến 30 phút).

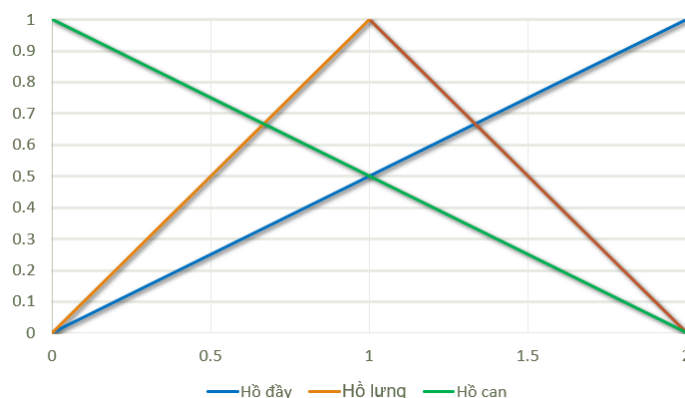
2. Biểu diễn các tập mờ

Các tập mờ được xác định bởi các hàm thành viên sau:

a. Hàm thành viên của Hồ nước:

- $H.Đầy(x) = x/2 \quad 0 \leq x \leq 2$
- $H.Lưng(x) = \begin{cases} x & \text{if } 0 \leq x < 1 \\ (2 - x) & \text{if } 1 \leq x \leq 2 \end{cases}$
- $H.Cạn(x) = 1 - x/2 \quad 0 \leq x \leq 2$

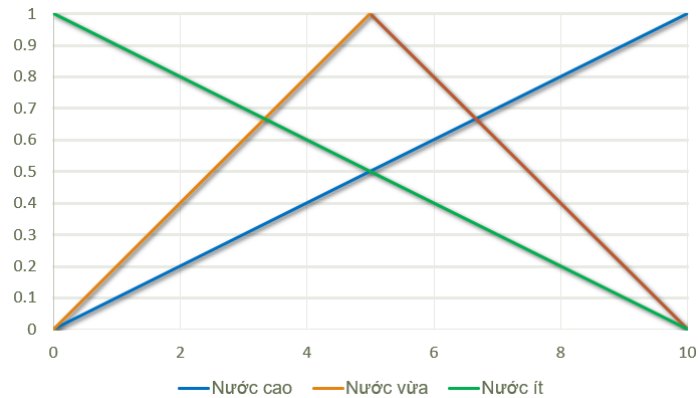
Biểu diễn các hàm thành viên của Hồ nước lên đồ thị, ta được:



b. Hàm thành viên của Giếng nước:

- $N.Cao(y) = y/10 \quad 0 \leq y \leq 10$
- $N.Vừa(y) = \begin{cases} y/5 & 0 \leq y < 5 \\ (10-y)/5 & 5 \leq y \leq 10 \end{cases}$
- $N.Ít(y) = 1-y/10 \quad 0 \leq y \leq 10$

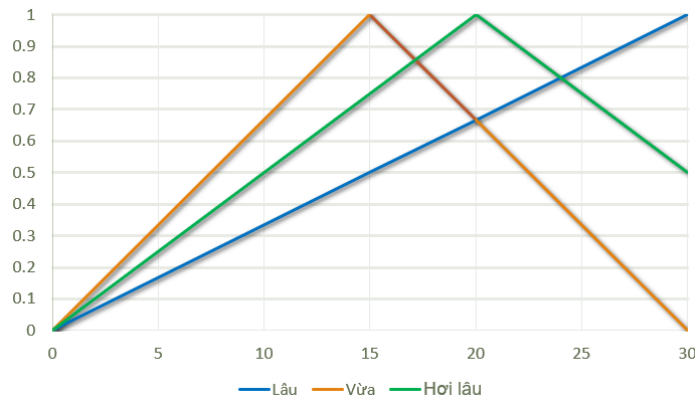
Biểu diễn các hàm thành viên của Giếng nước lên đồ thị, ta được:



c. Hàm thành viên của kết luận cho từng luật - Thời gian bơm:

- $B.Vừa(z) = \begin{cases} z/15 & 0 \leq z < 15 \\ (30-z)/15 & 15 \leq z \leq 30 \end{cases}$
- $B.Lâu(z) = z/30 \quad 0 \leq z \leq 30$
- $B.HơiLâu(z) = \begin{cases} z/20 & 0 \leq z < 20 \\ 1-0.05(z-20) & 20 \leq z \leq 30 \end{cases}$

Biểu diễn các hàm thành viên của Thời gian bơm lên đồ thị, ta được:



3. Giả sử bài toán

Để tiến hành tính toán thời gian bơm, giả sử nước trong Hồ là 1 mét và nước trong

Giếng là 3 mét, tiến hành áp dụng công thức sau: $z_0 = \frac{\int_0^{30} z \cdot \mu_c(z) dz}{\int_0^{30} \mu_c(z) dz}$

Bước 1. Tiến hành tính toán với các luật, ta có:

➤ **Với Luật 1:**

- $\mu_{\text{Hồ lưng}}(x) = 1$
 - $\mu_{\text{Nước cao}}(y) = 3/10$
- $\Rightarrow W_1 = \min\{1, 3/10\} = 0.3$

➤ **Với Luật 2:**

- $\mu_{\text{Hồ cạn}}(x) = 1/2$
 - $\mu_{\text{Nước cao}}(y) = 3/10$
- $\Rightarrow W_2 = \min\{1/2, 3/10\} = 0.3$

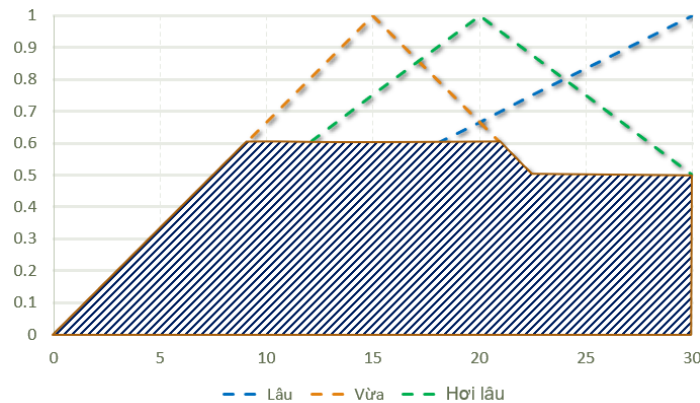
➤ **Với Luật 3:**

- $\mu_{\text{Hồ lưng}} f(x) = 1$
 - $\mu_{\text{Nước vừa}} f(y) = 3/5$
- $\Rightarrow W_3 = \min\{1, 3/5\} = 0.6$

➤ **Với Luật 4:**

- $\mu_{\text{Hồ cạn}} f(x) = 1/2$
 - $\mu_{\text{Nước vừa}} f(y) = 3/5$
- $\Rightarrow W_4 = \min\{1/2, 3/5\} = 0.5$

Bước 2. Trực quan hóa lên đồ thị:



Bước 3. Xác định các điểm giao, áp dụng công thức:

Dễ dàng áp dụng công thức được cho ban đầu để tính thời gian bơm:

$$z_0 = \frac{\int_0^{30} z \cdot \mu_c(z) dz}{\int_0^{30} \mu_c(z) dz} = \frac{\int_0^9 \frac{z}{15} dz + \int_9^{21} 0.6z dz + \int_{21}^{22.5} \frac{530-z}{15} dz + \int_{22.5}^{30} 0.5z dz}{\int_0^9 \frac{z}{15} dz + \int_9^{21} 0.6z dz + \int_{21}^{22.5} \frac{530-z}{15} dz + \int_{22.5}^{30} 0.5z dz} = \frac{6415}{386} \approx 16.62 \text{ (phút)}.$$

Bước 4. Kết luận:

Với hệ thống điều khiển tự động mờ cho máy bơm nước từ giếng, khi hồ nước cao 1 mét và Giếng nước cao 3 mét, thì thời gian bơm được tính bằng khoảng 16.62 phút.

III. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

1. Cài đặt các gói thư viện

numpy phiên bản 1.19.4: NumPy¹ là một thư viện Python được sử dụng để làm việc với các mảng. Nó cũng có các chức năng để làm việc trong miền đại số tuyến tính, biến đổi fourier và ma trận. NumPy được tạo ra vào năm 2005 bởi Travis Oliphant. Nó là một dự án mã nguồn mở và bạn có thể sử dụng nó một cách tự do.

matplotlib phiên bản 3.3.3: Matplotlib² là một thư viện vẽ đồ thị cấp thấp trong python, nó phục vụ như một tiện ích trực quan hóa. Matplotlib được tạo ra bởi John D. Hunter. Matplotlib là mã nguồn mở và chúng ta có thể sử dụng nó một cách tự do. Matplotlib chủ yếu được viết bằng python, một vài phân đoạn được viết bằng C, Objective-C và Javascript để tương thích với nền tảng.

scikit-fuzzy [2] phiên bản 0.4.2: Scikit-Fuzzy là một tập hợp các thuật toán logic mờ nhằm mục đích sử dụng trong SciPy Stack, được viết bằng ngôn ngữ điện toán Python. SciKit này được phát triển bởi cộng đồng SciPy.

```
pip install numpy==1.19.4 matplotlib==3.3.3 scikit-fuzzy==0.4.2
# Sau khi cài đặt, tiến hành thêm các thư viện vào dự án

import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
from skfuzzy import control as ctrl
```

2. Định nghĩa các biến ngôn ngữ

```
# Biến ngôn ngữ hồ nước (ho_nuoc)
ho_nuoc = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 2.1, 0.1), 'ho_nuoc')

# Biến ngôn ngữ giếng nước (gieng_nuoc)
gieng_nuoc = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 10.1, 0.1), 'gieng_nuoc')

# Biến ngôn ngữ thời gian bơm nước từ giếng lên Hồ nước (toc_do_bom)
toc_do_bom = ctrl.Consequent(np.arange(0, 30.1, 0.1), 'toc_do_bom')
```

¹ Nguồn: www.w3schools.com

² Nguồn: www.w3schools.com

3. Định nghĩa các tập mờ

```
## 03 tập mờ cho biến ngôn ngữ ho_nuoc
ho_nuoc['day'] = fuzz.trimf(ho_nuoc.universe, [0, 2, 2]) # Hồ đầy
ho_nuoc['lung'] = fuzz.trimf(ho_nuoc.universe, [0, 1, 2]) # Hồ lung
ho_nuoc['can'] = fuzz.trimf(ho_nuoc.universe, [0, 0, 2]) # Hồ cạn

## 03 tập mờ cho biến ngôn ngữ gieng_nuoc
gieng_nuoc['cao'] = fuzz.trimf(gieng_nuoc.universe, [0, 10, 10]) # Nước giếng cao
gieng_nuoc['vua'] = fuzz.trimf(gieng_nuoc.universe, [0, 5, 10]) # Nước giếng vừa
gieng_nuoc['it'] = fuzz.trimf(gieng_nuoc.universe, [0, 0, 10]) # Nước giếng ít

## 03 tập mờ cho biến ngôn ngữ toc_do_bom
toc_do_bom['lau'] = fuzz.trimf(toc_do_bom.universe, [0, 30, 30]) # Tốc độ lâu
toc_do_bom['vua'] = fuzz.trimf(toc_do_bom.universe, [0, 15, 30]) # Tốc độ vừa
toc_do_bom['hoi_lau'] = fuzz.trimf(toc_do_bom.universe, [0, 20, 40]) # Tốc độ hơi lâu
```

4. Định nghĩa và cho hệ thống học các luật mờ

```
def get_pump_speed_control_rules():
    # Nếu Hồ nước lung và giếng nước cao, thì tốc độ bơm vừa
    rule1 = ctrl.Rule(ho_nuoc['lung'] & gieng_nuoc['cao'],
                      toc_do_bom['vua'])

    # Nếu Hồ nước cạn và giếng nước cao, thì tốc độ bơm lâu
    rule2 = ctrl.Rule(ho_nuoc['can'] & gieng_nuoc['cao'],
                      toc_do_bom['lau'])

    # Nếu Hồ nước lung và giếng nước vừa, thì tốc độ bơm vừa
    rule3 = ctrl.Rule(ho_nuoc['lung'] & gieng_nuoc['vua'],
                      toc_do_bom['vua'])

    # Nếu Hồ nước cạn và giếng nước vừa, thì tốc độ bơm hơi lâu
    rule4 = ctrl.Rule(ho_nuoc['can'] & gieng_nuoc['vua'],
                      toc_do_bom['hoi_lau'])

    return [
        rule1, rule2, rule3, rule4
    ]

speed = ctrl.ControlSystemSimulation(
    ctrl.ControlSystem(get_pump_speed_control_rules())
)
```

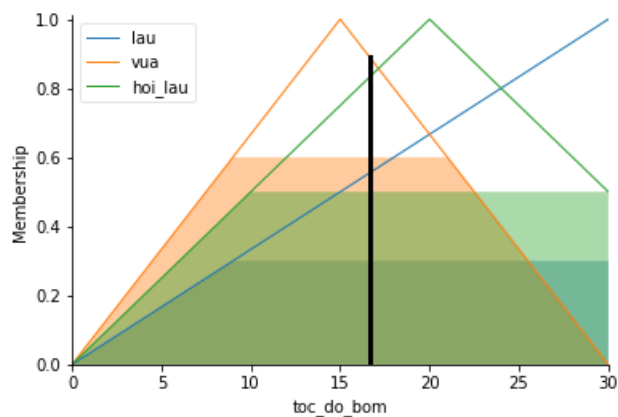

5. Nhập dữ liệu kiểm thử và cho kết quả

```
# Nhập độ cao của nước trong hồ nước nước
in_hn = input("Nhập độ cao của nước trong hồ nước (đơn vị mét): ")
speed.input['ho_nuoc'] = float(in_hn)

# Nhập độ cao của nước trong giếng nước
in_gn = input("Nhập độ cao của nước trong giếng nước (đơn vị mét): ")
speed.input['gieng_nuoc'] = float(in_gn)

# Tính toán thời gian bơm
speed.compute()

# In kết quả ra màn hình console
print("Thời gian bơm là:", f"{round(speed.output['toc_do_bom'], 2)}", "phút!")
# Trực quan hóa bằng đồ thị
toc_do_bom.view(sim=speed)
```



Kết quả đúng bằng 16.62 (phút) như tính toán bằng lý thuyết ban đầu! (Xem thêm tại: [Code in Google Colab](#)).

Kiểm thử với một vài trường hợp khác, thu được kết quả như sau:

Đầu vào Input		Đầu ra Output
Độ cao hồ chứa (m) $0 \leq x \leq 2$	Độ cao nước giếng (m) $0 \leq y \leq 10$	Thời gian bơm (phút) $0 \leq z \leq 30$
1.0	3.0	≈ 11.62
1.9	9.0	≈ 15.10
0.1	1.0	≈ 15.91
0.1	9.0	≈ 19.66

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đ. P. Đ. V. N. Hoàng Kiếm, Hệ Cơ sở tri thức, Hồ Chí Minh: Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2005.
- [2] JDWarner, "SciKit-Fuzzy," [Online]. Available: scikit-fuzzy.github.io. [Accessed 19 09 2022].