KIỂM TRA

- Một bài toán thông dụng thường hay được minh hoạ cho nền tảng điều khiển mờ đó là xác định thời gian giặt (T) khi biết độ bẩn (D) và lượng dầu mở dính trên quần áo (G).
- Thông thường các dữ liệu này thu được từ các sensor quang học.
- Giả sử rằng D và G có tập tham chiếu (hay không gian nền) là [0,100]; còn T có tập tham chiếu là [0,60]
- Lập luận mờ với quy tắc: "*bẩn và dầu mở nhiều thì giặt lâu*".

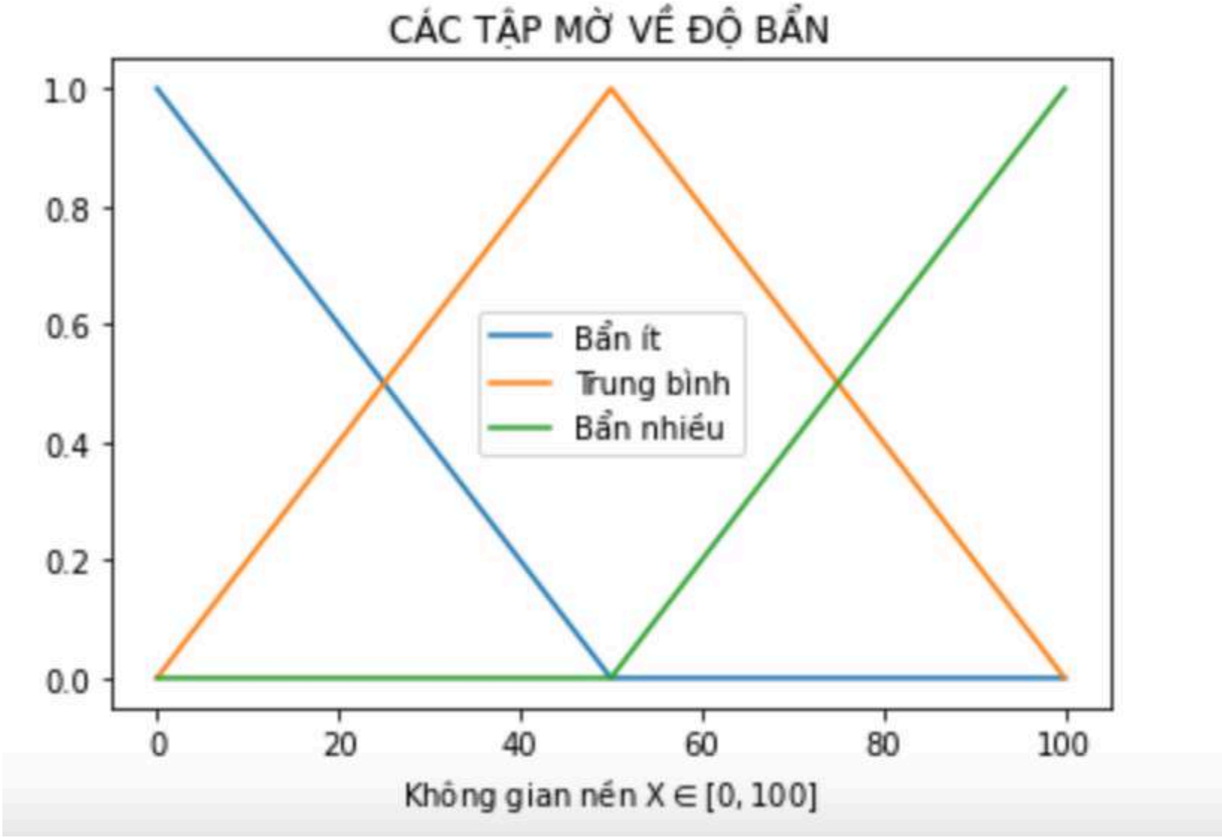
- Bước đầu tiên để giải quyết, là thực hiện các công việc mờ:
  - Xây dựng các tập mờ:
    - Bẩn ít D_s, bẩn vừa D_m, bẩn nhiều D_l
    - Dầu mở ít (G_s), dầu mở vừa phải (G_m), dầu mở nhiều (G_l)
    - Thời gian giặt rất nhanh (*very fast*) T_f, nhanh T_s, thời gian trung bình T_m, lâu T_l, rất lâu T_v (*very long*)

- Bằng Python:

```
import numpy as np
import skfuzzy as fz
import matplotlib.pyplot as plt

X = np.arange(0,101,1)
Ds = fz.trimf( X,[0,0,50] )
Dm= fz.trimf( X,[0,50,100] )
Dl = fz.trimf( X,[50,100,100] )

plt.title( "CÁC TẬP MỜ VỀ ĐỘ BẨN" )
plt.plot( X, Ds, label = "Bẩn ít" )
plt.plot( X, Dm, label = "Trung bình" )
plt.plot( X, Dl, label = "Bẩn nhiều" )
plt.xlabel("Không gian nền X" + r"$\in [0,100]$")
plt.legend(loc="best")
plt.show()
```

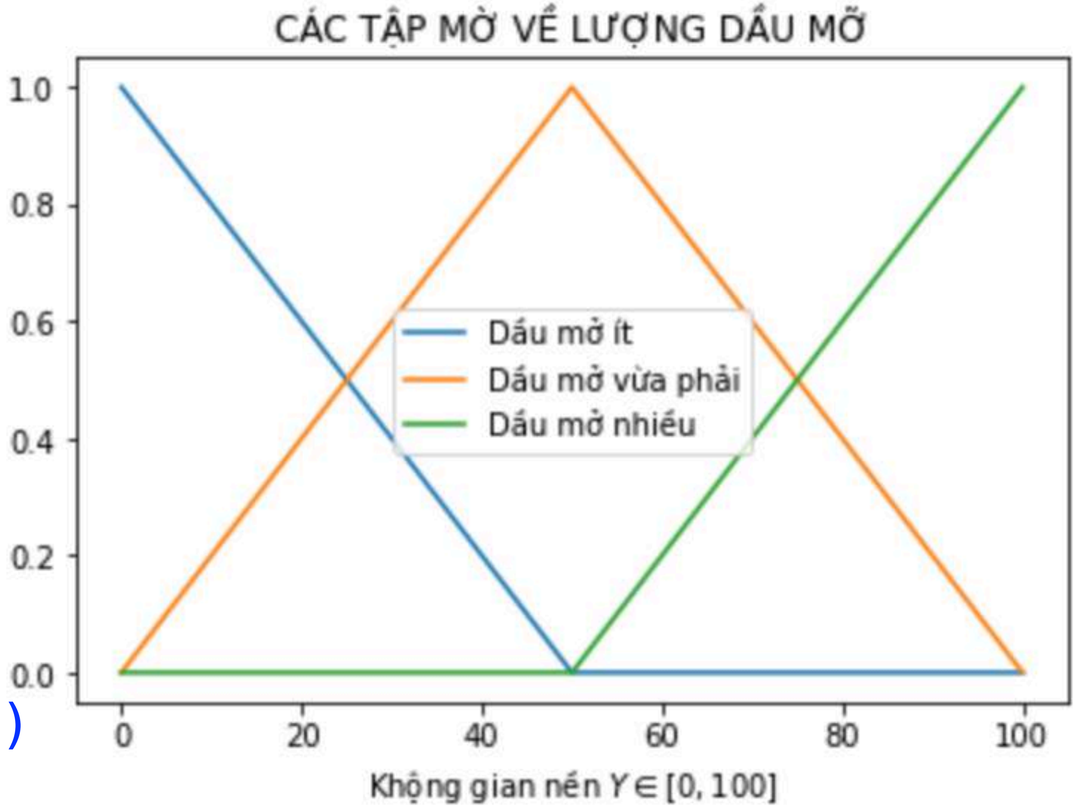


- Tương tự như độ bẩn, các hàm thành viên về lượng dầu mở bám vào áo quần có thể nội suy để hình dùng, hoặc sử dụng khi có dữ liệu dày đặc.

```
import numpy as np
import skfuzzy as fz
import matplotlib.pyplot as plt

### Định nghĩa tập mờ
Y = np.arange(0,101,1)
Gs = fz.trimf( Y,[0,0,50] )
Gm = fz.trimf( Y,[0,50,100] )
Gl = fz.trimf( Y,[50,100,100] )

### Vẽ đồ thị 3 hàm thuộc tương ứng
plt.title( "CÁC TẬP MỜ VỀ LƯỢNG DẦU MỠ" )
plt.plot( Y, Gs, label = "Dầu mở ít" )
plt.plot( Y, Gm, label = "Dầu mở vừa phải" )
plt.plot( Y, Gl, label = "Dầu mở nhiều" )
plt.xlabel( "Không gian nền $Y \in [1,100]$" )
plt.legend( loc="best" )
plt.show()
```

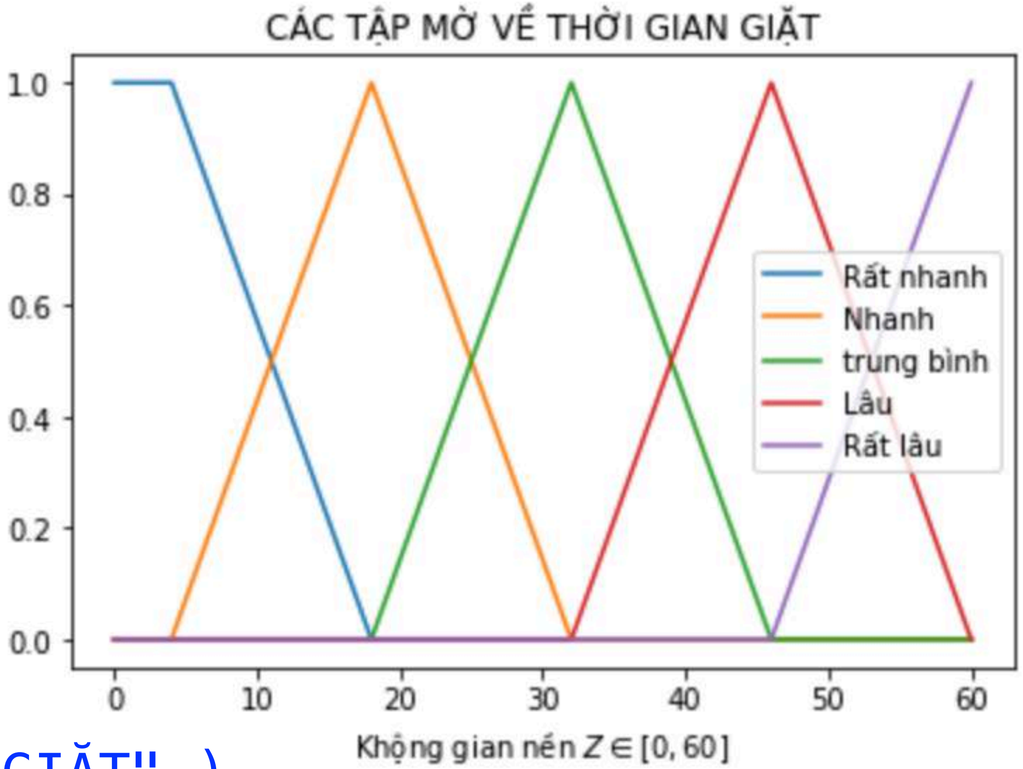


- Tương tự như vậy cho các tập mờ về thời gian:

```
import numpy as np
import skfuzzy as fz
import matplotlib.pyplot as plt

Z = np.array( [0,4,18,32,46,60] )
Tf = fz.trapmf( Z,[0,0,4,18] )
Ts = fz.trimf( Z,[4,18,32] )
Tm = fz.trimf( Z,[18,32,46] )
Tl = fz.trimf( Z,[32,46,60] )
Tv = fz.trimf( Z,[46,60,60] )

plt.title( "CÁC TẬP MỜ VỀ THỜI GIAN GIẶT" )
plt.plot( Z, Tf, label = "Rất nhanh" )
plt.plot( Z, Ts, label = "Nhanh" )
plt.plot( Z, Tm, label = "trung bình" )
plt.plot( Z, Tl, label = "Lâu" )
plt.plot( Z, Tv, label = "Rất lâu" )
plt.xlabel( "Không gian nền $Z \in [0,60]$" )
plt.legend( loc="best" )
plt.show()
```



- Chi tiết các luật ứng với những tập mờ cụ thể, ở đây có 3 tập mờ về đô bẩn và 3 tập mờ về lượng dầu mở dính trên quần áo.
- Luật
  - (R1): Nếu bẩn nhiều và dầu mở nhiều thì thời gian giặt rất lâu
  - (R2): Nếu bẩn vừa và dầu mở nhiều thì thời gian giặt lâu
  - (R3): Nếu bẩn ít và dầu mở nhiều thì thời gian giặt lâu
  - (R4): Nếu bẩn nhiều và dầu mở vừa phải thì thời gian giặt lâu
  - (R5): Nếu bẩn vừa và dầu mở vừa phải thì thời gian giặt trung bình
  - (R6): Nếu bẩn ít và dầu mở vừa phải thì thời gian giặt trung bình

- (R7): Nếu bẩn nhiều và dầu mở ít thì thời gian giặt trung bình
- (R8): Nếu bẩn vừa và dầu mở ít thì thời gian giặt nhanh
- (R9): Nếu bẩn ít và dầu mở ít thì thời gian giặt rất nhanh

- Có $3 \times 3 = 9$ quan hệ mờ biểu diễn dưới dạng bảng như sau:

	Ds	Dm	Dl
Gs	Tf	Ts	T*m*
Gm	T*m*	T*m*	T*l*
Gl	T*l*	T*l*	Tv

- Giả sử cần biết thời gian giặt khi có độ bẩn và lượng dầu mở bám vào áo quần là x_0, y_0.
- Trên cơ sở các hàm thành viên, ta suy ra $\mu_{D_s}(x_0), \mu_{D_m}(x_0), \mu_{D_l}(x_0)$, $\mu_{G_s}(y_0), \mu_{G_m}(y_0), \mu_{G_l}(y_0)$.
- Bằng Python, có thể viết

```
x0, y0 = 40, 60
xs = fz.interp_membership( X,Ds,x0 )
xm = fz.interp_membership( X,Dm,x0 )
xl = fz.interp_membership( X,Dl,x0 )

ys = fz.interp_membership(Y,Gs,y0)
ym = fz.interp_membership(Y,Gm,y0)
yl = fz.interp_membership(Y,Gl,y0)
```

- Tiếp theo, cần tìm hàm thuộc vế thời gian, hàm thuộc này được tìm bằng cách căn cứ vào 5 hàm thuộc, sự ảnh hưởng của 5 hàm thuộc này căn cứ vào trọng số w_i nhất định theo dạng:

$$\mu_T(z) = w_1\mu_v(z) + w_2\mu_l(z) + w_3\mu_l(z) + w_4\mu_l(z)$$
$$+w_5\mu_m(z) + w_6\mu_m(z) + w_7\mu_m(z) + w_8\mu_s(z) + w_9\mu_f(z)$$

- Những hệ số w_i được tính từ 9 luật quy định ở trên như sau:

  - $w_1 = \min\left\{\mu_{D_l}(x_0), \mu_{G_l}(y_0)\right\}$
  - $w_2 = \min\left\{\mu_{D_m}(x_0), \mu_{G_l}(y_0)\right\}$
  - $w_3 = \min\left\{\mu_{D_s}(x_0), \mu_{G_l}(y_0)\right\}$
  - $w_4 = \min\left\{\mu_{D_l}(x_0), \mu_{G_m}(y_0)\right\}$
  - $w_5 = \min\left\{\mu_{D_m}(x_0), \mu_{G_m}(y_0)\right\}$
  - $w_6 = \min\left\{\mu_{D_s}(x_0), \mu_{G_m}(y_0)\right\}$

- $w_7 = \min\left\{\mu_{D_l}(x_0), \mu_{G_s}(y_0)\right\}$
- $w_8 = \min\left\{\mu_{D_m}(x_0), \mu_{G_s}(y_0)\right\}$
- $w_9 = \min\left\{\mu_{D_s}(x_0), \mu_{G_s}(y_0)\right\}$

- Để hiện thực trong Python, với các hệ số w_i được tính qua hàm *min*().

```
w1 = min( xl,yl )
w2 = min( xm,yl )
w3 = min( xs,yl )
w4 = min( xl,ym )
w5 = min( xm,ym )
w6 = min( xs,ym )
w7 = min( xl,ys )
w8 = min( xm,ys )
w9 = min( xs,ys )
```

- Sau khi tính xong hệ số, tìm hàm thuộc về thời gian

```
T = w1*Tv + (w2+w3+w4)*Tl + (w5+w6+w7)*Tm + w8*Ts + w9*Tf
```

- Việc giải mờ với không gian nền hữu hạn được tính theo trung bình có trọng số: $z = \frac{\sum_{i=1}^{N} z\mu_T(z)}{\sum_{i=1}^{N} \mu_T(z)}$, trường hợp không rời rạc: $z = \frac{\int z\mu_T(z)dz}{\int \mu_T(z)dz}$

```
### Tử số là tích của Z với chuyển vị của T
t0 = Z.dot(T.T)/T.sum()
```

- Với x0 = 40, y0 =60, ta tính được t0 - 36.
- Điều đó có nghĩa là với độ bẩn là 40, lượng dầu mở bám trên quần áo là 60, thì thời gian giặt là 36

- Cũng lưu ý, trong gói thư viện skfuzzy, có hàm giải mờ *skfuzy.defuzz*(X,mf,mode), nên có thể gọi trực tiếp thay vì phải tính các tổng:

```
t0 = fz.defuzz( Z,T,"mom" )
```

```
1 T = w1*Tv + (w2+w3+w4)*Tl + (w5+w6+w7)*Tm + w8*Ts + w9*Tf
2 t0 = Z.dot(T.T)/T.sum()
```

```
1 t0
```

```
36.00000000000001
```

```
1 t0 = fz.defuzz( Z,T,"centroid" )
```

```
1 t0
```

```
36.00000000000001
```