



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
( پلی تکنیک تهران )

---

# گزارش ۹: پیاده سازی یک سیستم فازی به منظور کنترل یک مسئله با ورودی های زبانی

نگارش: نیکا شهابی ۹۷۱۳۰۲۳

استاد راهنما: دکتر قطعی

تیر ۱۴۰۰

# لینک پروژه در گیتاب

[https://github.com/nikashahabi/fuzzy\\_controller](https://github.com/nikashahabi/fuzzy_controller)

## صورت مسئله

با استفاده از دما و رطوبت هوا، تصمیمی برای درجه ی تندی گردش پنکه بگیرید. (با استفاده از قوانینی که کیفیت درجه ی هوا و رطوبت آن را به وضعیت کیفی ای از چرخش پنکه نسبت میدهند.)

## دلیل استفاده از منطق فازی

از آنجا که ۱. سیستم ما در این حالت complex است ۲. منطق دقیق boolean روی این محیط پیچیده و کمی مبهم جواب نمیدهد و ۳. به ویژگی های کیفی نمیتوان عدد خاصی نسبت داد، از منطق و سیستم فازی استفاده میکنیم.

در این پروژه ورودی دما و رطوبت و خروجی گردش پنکه است.

# المان های سیستم فازی (قوانین فازی، نحوه ی استنتاج،...)

میتوان برای یک سیستم فازی element های زیر را تعریف کرد. هر کدام را توضیح میدهیم و به طور دقیق به این میپردازیم که در این پروژه شامل چه چیزی میشوند.

۱. fuzzifier: در این مرحله درجه ی عضویت اطلاعات دقیقی که از input داریم در هر یک از fuzzy set های موجود تعیین میشود. یعنی برای اطلاعات دقیقی که داریم درجه ی عضویت به هر یک از صفت های مبهم موجود نسبت داده میشود. (هر یک از این صفت های مبهم نقش خاصی در نتیجه دارند و به طریقی در فرضیات قوانین موجود بر سیستم ظاهر میشوند.)

در این پروژه فرض میکنیم به طور مثال دما و رطوبت به ترتیب ۱۰ و ۵ داده شده اند.

$a = 10, b = 5$

حال  $\mu_{cold}(a), \mu_{medium}(a), \mu_{hot}(a), \mu_{dry}(b), \mu_{normal}(b), \mu_{wet}(b)$  به دست می آیند. (این fuzzy set ها در ادامه توضیح داده شده اند.)

۲. Inference Engine: به وسیله ی inference، اطلاعات جدیدی از اطلاعات قدیم، با استفاده از قوانین موجود استخراج میشود. روش های استنتاج متفاوتی وجود دارند.

در این پروژه از madmani inferencing برای استنتاج استفاده میشود. برای یک استنتاج خاص knowledge base باید به شکل خاصی باشد. در اینجا چون روش استنتاج madmani است فرض و نتیجه در fuzzy rule ها باید به شکل یک fuzzy set باشد. در این روش استنتاجی درجه ی عضویت و یا درستی صفتی که در "نتیجه" است، همان درجه ی عضویتی است که در فرض داریم. اگر فرض ما بیش از یک صفت (fuzzy set) باشد، درجه ی آن به وسیله ی ادغام درجه ی هر یک از fuzzy set ها به وسیله ی عملگرهای موجود (اشتراک، اجتماع، مکمل) که هر کدام تعریف خاصی در منطق فازی دارند تعیین میشود. به علاوه اگر چند قانون داشته باشیم، نتیجه ی کلی یک صفت به وسیله ی max-operator تعیین میشود. (در یک قانون برای به دست آوردن نتیجه از بین فرضیات: min-operator، در قوانین مختلف برای به دست آوردن نتیجه ی کلی از نتایج قانون های مختلف: max-operator)

$$\min\{\mu_A(a), \mu_B(b)\} \quad \beta_i = \max_{\forall k} \{\alpha_{k_i}\}$$

Min-operator

Max-operator

۲. Knowledge base: اطلاعات صفت های مبهم و ارتباطشان با هم (در نقش قوانین) در این بخش قرار دارد.  
Knowledge base در حقیقت به دو قسمت تقسیم میشود:

الف) مجموعه ی فازی: نام مجموعه ی فازی یک صفت است. (مثل بلند، گرم، سرد، کم، زیاد، ۰۰۰) در مجموعه های فازی membership function ای به نام  $\mu$  وجود دارد که به هر عضو دامنه عددی از صفر تا یک نسبت داده میدهد که درجه ی داشتن آن صفت را برای آن عضو دامنه تعیین میکند. در حقیقت  $\mu$  رابطه ای بین اعضا و درجه ی عضویت آنها در مجموعه ی فازی تعیین میکند.

در این پروژه دما و رطوبت (ورودی ها) و چرخش پنکه (خروجی) به صورت fuzzy set های زیر توصیف میشوند.

Temperature : cold, medium, hot

Humidity : dry, normal, wet

Fan-speed : slow, moderate, fast

ب) rule base: که در حقیقت قوانینی هستند که توسط expert برای سیستم تعریف شده اند و به صورت زیر میباشند.

If (antecedent clauses) then (consequent clauses)

در این پروژه قوانین زیر استفاده شده اند:

(دقیقا قوانین استفاده شده در یکی از منابع)

If Temperature is Cold and Humidity is Dry Then Fan Speed is Slow  
If Temperature is Medium and Humidity is Dry Then Fan Speed is Slow  
If Temperature is Cold and Humidity is Dry Then Fan Speed is Slow  
If Temperature is Hot and Humidity is Dry Then Fan Speed is Moderate

Humidity	Dry	Moderate	Fast	Fast
	Normal	Slow	Moderate	Fast
	Wet	Slow	Slow	Moderate
		Cold	Medium	Hot
		Temperature		

Visualization of fuzzy rules

If Temperature is Medium and Humidity is Normal Then Fan Speed is Moderate  
 If Temperature is Cold and Humidity is Wet Then Fan Speed is Moderate  
 If Temperature is Hot and Humidity is Normal Then Fan Speed is Fast  
 If Temperature is Hot and Humidity is Wet Then Fan Speed is Fast  
 If Temperature is Medium and Humidity is Wet Then Fan Speed is Fast

۴. defuzzifier: این بخش از یک درجه‌ی عضویت به یک صفت خاص به یک مقدار خاص و غیرمبهم میرسد. روش‌های مختلفی برای defuzzification وجود دارند.

در این پروژه از روش centre-of-area برای defuzzication استفاده میکنیم.

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \mu(x_i)}{\sum_i \mu(x_i)}$$

فرمولی برای centre-of-area

# نحوه ی کارکرد و روال کد

۱. در ابتدا سه fuzzy variable تولید میکنیم. دو تا برای ورودی ها و یکی برای خروجی.

دما بازه ی تمام اعداد صحیح ۰ تا ۵۰ را دارد.

رطوبت بازه ی تمام اعداد صحیح ۰ تا ۲۵ را دارد.

و چرخش پنکه اعداد صحیح ۰ تا ۱۶۰۰.

```
temperature = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 51, 1), 'temperature')
humidity = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 51, 1), 'humidity')
fan_speed = ctrl.Consequent(np.arange(0, 1601, 1), 'fan_speed')
```

۲. برای هر یک از fuzzy variable ها سه تا fuzzy set میسازیم و membership function را برای آنها triangular در نظر میگیریم که از فرمول روبه رو پیروی میکند.

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Triangular membership function

```
temperature['cold'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [0, 0, 25])
temperature['medium'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [0, 25, 50])
temperature['hot'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [25, 50, 50])
humidity['dry'] = fuzz.trimf(humidity.universe, [0, 0, 25])
humidity['normal'] = fuzz.trimf(humidity.universe, [0, 25, 50])
humidity['wet'] = fuzz.trimf(humidity.universe, [25, 50, 50])
fan_speed['slow'] = fuzz.trimf(fan_speed.universe, [0, 0, 800])
```

```
fan_speed['moderate'] = fuzz.trimf(fan_speed.universe, [0, 800, 1600])
fan_speed['fast'] = fuzz.trimf(fan_speed.universe, [800, 1600, 1600])
```

۳. ورودی ها یعنی رطوبت و دمای هوا را میگیریم

```
T = input("Input temperature\n")
H = input("Input humidity\n")
```

۴. ساخت قوانین

```
rule1 = ctrl.Rule(temperature['cold'] & humidity['dry'],
fan_speed['moderate'])
rule2 = ctrl.Rule(temperature['cold'] & humidity['normal'],
fan_speed['slow'])
rule3 = ctrl.Rule(temperature['cold'] & humidity['wet'],
fan_speed['slow'])
rule4 = ctrl.Rule(temperature['medium'] & humidity['dry'],
fan_speed['fast'])
rule5 = ctrl.Rule(temperature['medium'] & humidity['normal'],
fan_speed['moderate'])
rule6 = ctrl.Rule(temperature['medium'] & humidity['wet'],
fan_speed['slow'])
rule7 = ctrl.Rule(temperature['hot'] & humidity['dry'],
fan_speed['fast'])
rule8 = ctrl.Rule(temperature['hot'] & humidity['normal'],
fan_speed['fast'])
rule9 = ctrl.Rule(temperature['hot'] & humidity['wet'],
fan_speed['moderate'])
```

۵. ساخت controller

```
fan_speed_ctrl = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3, rule4,
rule5, rule6, rule7, rule8, rule9])
speed = ctrl.ControlSystemSimulation(fan_speed_ctrl)
```

۶. دادن ورودی به controller

```
speed.input['temperature'] = int(T)
speed.input['humidity'] = int(H)
```

۷. محاسبه و چاپ خروجی

```
speed.compute()
print(speed.output['fan_speed'], "RMP")
fan_speed.view(sim=speed)
```

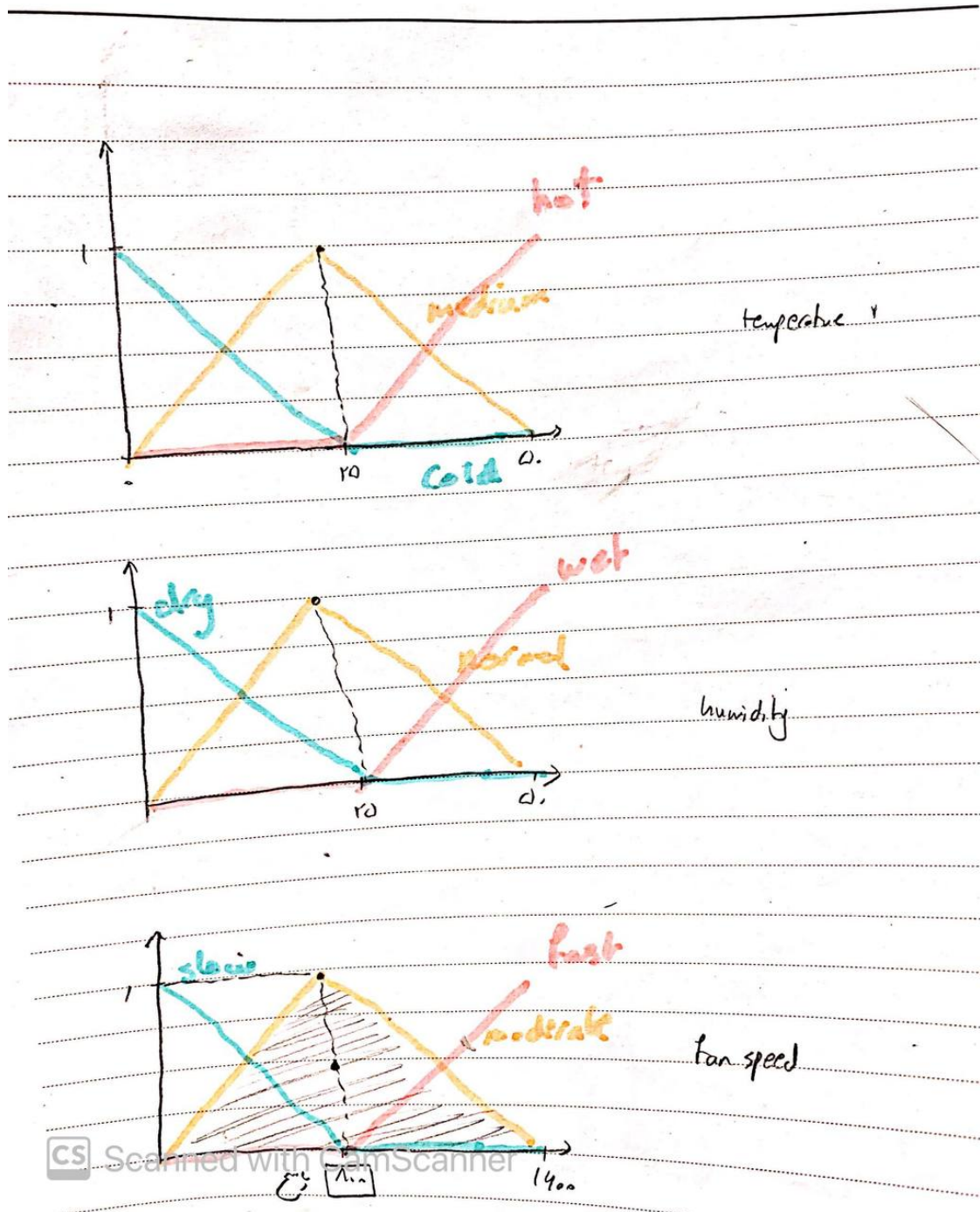


# نمونه ورودی و خروجی مسئله و تحلیل آن

با استفاده از visualization ای از membership function ها به تحلیل خروجی میپردازیم.

```
/Users/nayvaka/Documents/University/Term6/AI/AIProjects/FuzzyController/ven
Input temperature
25
Input humidity
25
799.9999999999989 RMP
Process finished with exit code 0
```

نمونه ورودی و خروجی



Membership functions

$T \leq T_0$        $H \leq H_0 \Rightarrow ? \text{ Pan-speed?}$   
 $\hookrightarrow \text{cold}(T) = 0$        $\hookrightarrow \text{wet}(H) = 0$        $\text{medium} \rightarrow \text{normal} \rightarrow \text{moderate}$   
 $\text{hot}(T) = 1$        $\text{dry}(H) = 0$        $\downarrow$        $\downarrow$        $\downarrow$   
 $\text{medium}(T) = 1$        $\text{normal}(H) = 1$       (تیم قانون استوارتر)  
 Scanned with CamScanner

محاسبات برای ورودی داده شده، عملاً فقط یک قانون در این حالت تاثیر دارد.

# منابع

[https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/auto\\_examples/plot\\_tipping\\_problem.html](https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/auto_examples/plot_tipping_problem.html)

<https://towardsdatascience.com/a-very-brief-introduction-to-fuzzy-logic-and-fuzzy-systems-d68d14b3a3b8>

برای صورت مسئله و یادگیری روش های استنتاج

<https://towardsdatascience.com/fuzzy-inference-system-implementation-in-python-8af88d1f0a6e>

[https://github.com/carmelgafa/ml\\_from\\_scratch/blob/master/fuzzy\\_inference/fuzzy\\_system/fuzzy\\_rule.py](https://github.com/carmelgafa/ml_from_scratch/blob/master/fuzzy_inference/fuzzy_system/fuzzy_rule.py)

برای الگوریتم کار

<https://github.com/FreakyHarsh/Fuzzy-controller/blob/master/fuzzy.py>

برای الگوریتم کار