

## Lista de Exercícios de Lógica Fuzzy<sup>1</sup>

Nome: \_\_\_\_\_

1. Responda as seguintes questões:

(a) O que é um conjunto fuzzy?

**Solution:** Um conjunto fuzzy é o conjunto de elementos que possuem alguma propriedade em comum (“quente” ou “frio”, por exemplo). O que faz o conjunto ser fuzzy é uma função de pertinência fuzzy.

(b) O que é a função de pertinência de um conjunto fuzzy?

**Solution:** Funções de pertinência permitem a descrição de conceitos em que não é bem definida a fronteira entre possuir uma propriedade e não possuir uma propriedade, descrevendo o grau de confiança em que um objeto pertence a um conjunto. Um conjunto fuzzy é uma categoria (um fato discreto, por exemplo, como “quente” ou “frio”) relacionado a uma variável real (“temperatura”, por exemplo). Funções de pertinência relacionam o valor real da variável (temperatura  $T = 20.7$ ) ao conjunto fuzzy dizendo o quanto um valor em particular pertence à categoria (quão verdade é de que  $T = 20.7$  é “quente”).

(c) O que é uma variável fuzzy?

**Solution:** Uma coleção de conjuntos fuzzy é uma variável fuzzy. Geralmente, os conjuntos de uma variável fuzzy estão relacionados à mesma variável real e descrevem diferentes categorias que caracterizam a variável. Por exemplo, a variável fuzzy correspondente para um valor real de temperatura pode ser “quente” ou “frio”.

(d) É possível que uma variável fuzzy seja Verdadeira e Falsa ao mesmo tempo?

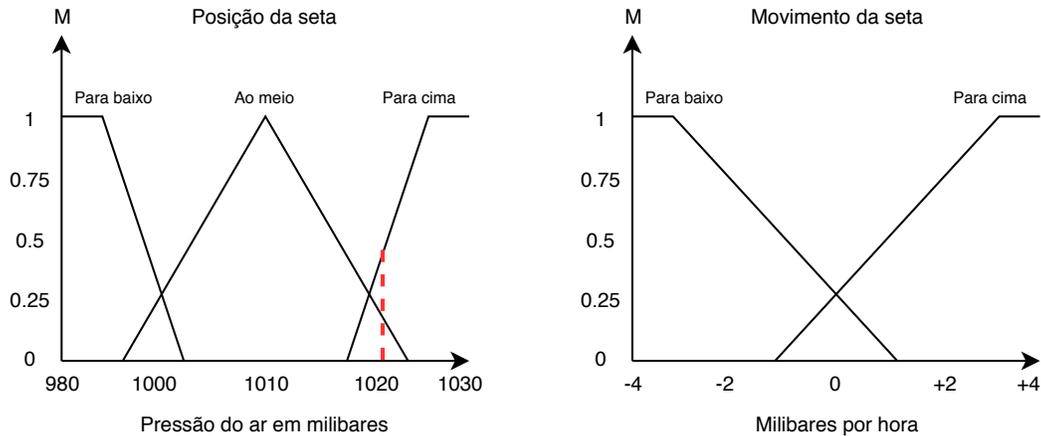
**Solution:** Uma variável fuzzy pode ser Verdadeira e Falsa ao mesmo tempo, mas com diferentes graus de confiança. Além disso, se  $M$  é o valor de pertinência de uma variável para Verdadeiro, então o valor de pertinência em Falso será  $1 - M$ .

2. Considere o seguinte sistema fuzzy para previsão do tempo:

Regra	Condição	Clima
R1:	SE seta para baixo	ENTÃO nublado
R2:	SE seta ao meio E movendo para baixo	ENTÃO nublado
R3:	SE seta ao meio E movendo para cima	ENTÃO ensolarado
R4:	SE seta para cima	ENTÃO ensolarado

<sup>1</sup>Material adaptado de Dr. Roman Belavkin

Os gráficos a seguir representam as funções de pertinência de duas variáveis fuzzy que descrevem **(a)** a posição da seta em um barômetro e **(b)** a direção em que a seta está se movendo:



Responda as seguintes questões:

- (a) Dada uma saída de 1020 milibares de um sensor que está medindo a pressão do ar, qual o grau de pertinência com relação à seta estar *para baixo*, *para cima* e *ao meio*? Utilize as funções de pertinência das figuras acima.

**Solution:** Dado o gráfico, podemos visualizar que com 1020 milibares a seta está *para cima* com confiança de  $M = 0.5$ , *para baixo* com  $M = 0$  e *ao meio* com  $M = 0.25$ .

- (b) Qual o grau de pertinência quando a seta está movendo *para cima* ou *para baixo* se a pressão muda em  $-2$  milibares por hora?

**Solution:** Dado o gráfico, podemos visualizar que a seta está movendo *para baixo* com pertinência de  $M = 0.75$  e *para cima* com  $M = 0$ .

- (c) Utilizando os valores de pertinência encontrados acima, realize a inferência de cada regra.

**Solution:** Até o momento, temos que:

$$\begin{aligned} M(\text{seta para baixo}) &= 0 \\ M(\text{seta ao meio}) &= 0.25 \\ M(\text{seta para cima}) &= 0.5 \\ M(\text{seta movendo para baixo}) &= 0.75 \\ M(\text{seta movendo para cima}) &= 0 \end{aligned}$$

Precisamos agora encontrar os valores pertinência da condição de cada regra:

$$\begin{aligned} M(\text{seta para baixo}) &= 0 \\ M(\text{seta ao meio } E \text{ movendo para baixo}) &= \min[0.25, 0.75] = 0.25 \\ M(\text{seta ao meio } E \text{ movendo para cima}) &= \min[0.25, 0] = 0 \\ M(\text{seta para cima}) &= 0.5 \end{aligned}$$

- (d) Com os valores de pertinência encontrados para cada condição das regras, realize a defuzzificação utilizando o método *centroid* para a variável clima. Considere a função de pertinência  $L(u, 25, 60)$  para *nublado* e  $\Gamma(u, 40, 75)$  para *ensolarado*, e uma amostragem  $z = \{0, 20, 40, 60, 80, 100\}$ .

**Solution:** Dada a inferência das regras R1 e R2, temos 0 e 0.25 para *nublado*. Das regras R3 e R4, temos 0 e 0.5 para *ensolarado*.

Para ajudar na visualização, pode-se pensar que as funções  $L$  e  $\Gamma$  resultarão em um gráfico similar ao **(b)** movimento da seta, porém com eixo  $x$  partindo de 0 a 100 e inclinações um pouco diferentes.

Note então que os valores de 0 a 40 estarão na área do conjunto *nublado* ativada até 0.25. Os valores de 60 a 100 estarão na área do conjunto *ensolarado*, ativada até 0.5.

Para realizar a defuzzificação pelo método *centroid*, temos:

$$\text{clima} = \frac{0 \times 0.25 + 20 \times 0.25 + 40 \times 0.25 + 60 \times 0.5 + 80 \times 0.5 + 100 \times 0.5}{0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.5 + 0.5 + 0.5} = 60$$

Se desejar refuzzificar, temos:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{nublado}}(60) &= L(60, 25, 60) = 0 \\ \mu_{\text{ensolarado}}(60) &= \Gamma(60, 40, 75) = 0.5\end{aligned}$$