

Inteligência artificial

Lógica Fuzzy II

Inferência Nebulosa

- Uma alternativa à implicação de Gödel chamada implicação de Mamdani (ou inferência de Mamdani) é geralmente usada em sistemas nebulosos.
- A inferência de Mamdani permite a um sistema ter valores de entrada de um conjunto nítido e aplicar um conjunto de regras nebulosas a esses valores a fim de derivar um único valor nítido de saída ou uma recomendação para uma ação.

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Projeto de um simples sistema de freio para um carro, desenvolvido para atuar quando as estradas ficam escorregadias e as rodas travam.
- Regras
 - Regra 1: SE a pressão no pedal do freio for média
ENTÃO aplicar o freio.
 - Regra 2: SE a pressão no pedal de freio for alta
E a velocidade do carro for alta
E a velocidade das rodas for alta
– ENTÃO aplicar o freio

Inferência Nebulosa (exemplo)

■ Regras

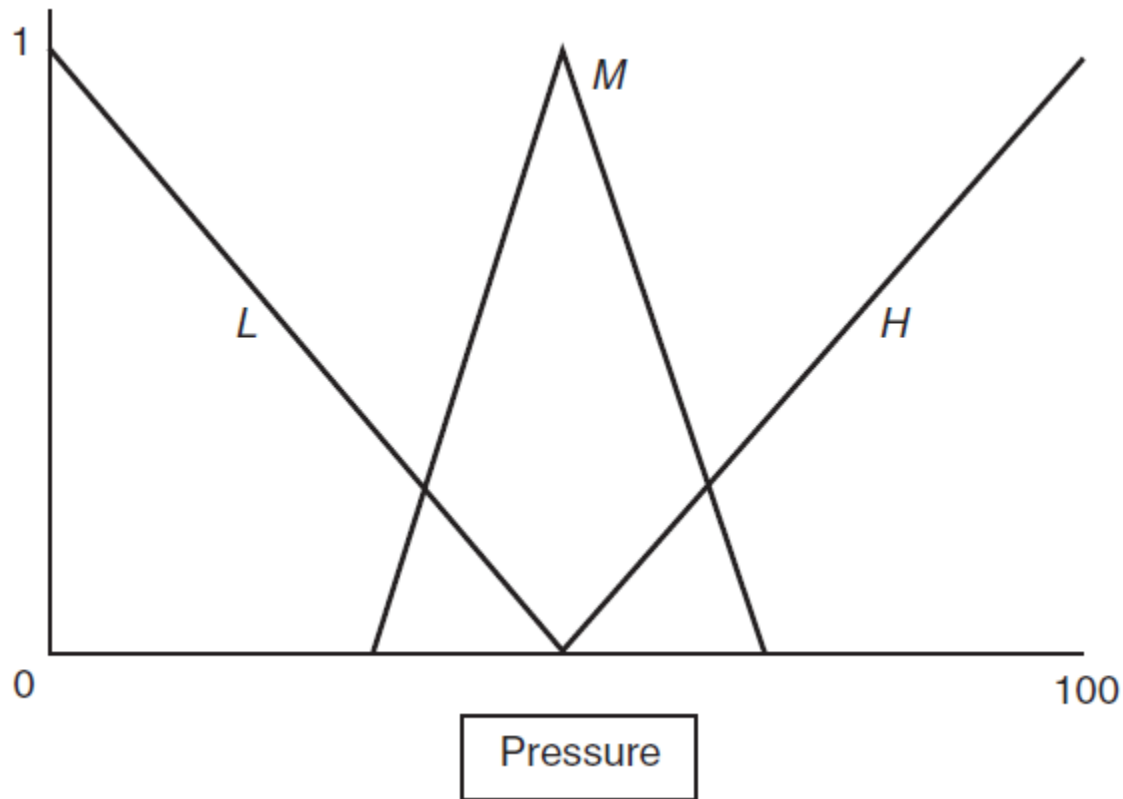
- Regra 3: SE a pressão no pedal de freio for alta
E a velocidade do carro for alta
E a velocidade das rodas for baixa
ENTÃO liberar o freio
- Regra 4: SE a pressão no pedal de freio for baixa
ENTÃO liberar o freio

- Para aplicar essas regras usando a inferência de Mamdani, o primeiro passo é tornar nebulosos os valores de entrada nítidos.

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Para fazer isso, precisamos definir os conjuntos nebulosos para as diferentes variáveis linguísticas.
- No exemplo apresentado, assumiremos que a pressão no pedal seja medida de 0 (sem pressão) a 100 (freio totalmente aplicado). Definiremos pressão no freio como tendo três valores linguísticos: alto (H), médio (M) e Baixo (L), que definiremos como segue:
 - $H = \{(50,0), (100,1)\}$
 - $M = \{(30,0), (50,1), (70,0)\}$
 - $L = \{(0,1), (50,0)\}$

Inferência Nebulosa (exemplo)



Inferência Nebulosa (exemplo)

- Vamos supor que o valor de pressão em uma dada situação seja 60. Isso corresponde a valores de pertinência nebulosos para os três conjuntos de:
 - $P_L(60)=0$
 - $P_M(60)=0,5$
 - $P_H(60)=0,2$
- De forma similar, nós devemos considerar a velocidade da roda. Definiremos a velocidade da roda como tendo também três valores linguísticos: devagar (S), médio (M) e rápido (F). Definiremos as funções de pertinência para esses valores num universo de discurso de valores de 0 a 100.

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Desse modo:
 - $S = \{(0,1), (60, 0)\}$
 - $M = \{(20,0), (50,1), (80,0)\}$
 - $F = \{(40,0), (100,1)\}$
- Se a velocidade da roda for 55, então os valores de pertinência são como a seguir:
 - $P_S(55) = 0,083$
 - $P_M(55) = 0,833$
 - $P_F(55) = 0,25$

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Por simplicidade, definiremos a variável linguística *velocidade do carro* usando os mesmos valores linguísticos (S, M, F para devagar, médio e rápido), e usando as mesmas funções de pertinência.
- Desse modo, se a velocidade do carro for 80, então os valores de pertinência são como a seguir:
 - $P_S(80)=0$
 - $P_M(80)=0$
 - $P_F(80)=0,667$

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Agora precisamos aplicar esses valores nebulosos aos antecedentes das regras do sistema.
- A Regra 1, considerada isoladamente, nos diz que o grau em que se deve aplicar o freio é o mesmo que o grau para o qual a pressão no pedal de freio possa ser descrita como “média”.
- Vimos anteriormente que a pressão é 60 e que $P_M(60)=0,5$. Assim, a Regra 1 nos dá um valor de 0,5 para a instrução aperte o freio.

Inferência Nebulosa (exemplo)

- A regra 2 usa um E:

SE a pressão no pedal de freio for alta

E a velocidade do carro for alta

E a velocidade das rodas for alta

ENTÃO aplicar o freio

- As funções de pertinência para as três partes do antecedente são:

- $P_A(60)=0,2$

- $P_F(80)=0,667$

- $P_F(55)=0,25$

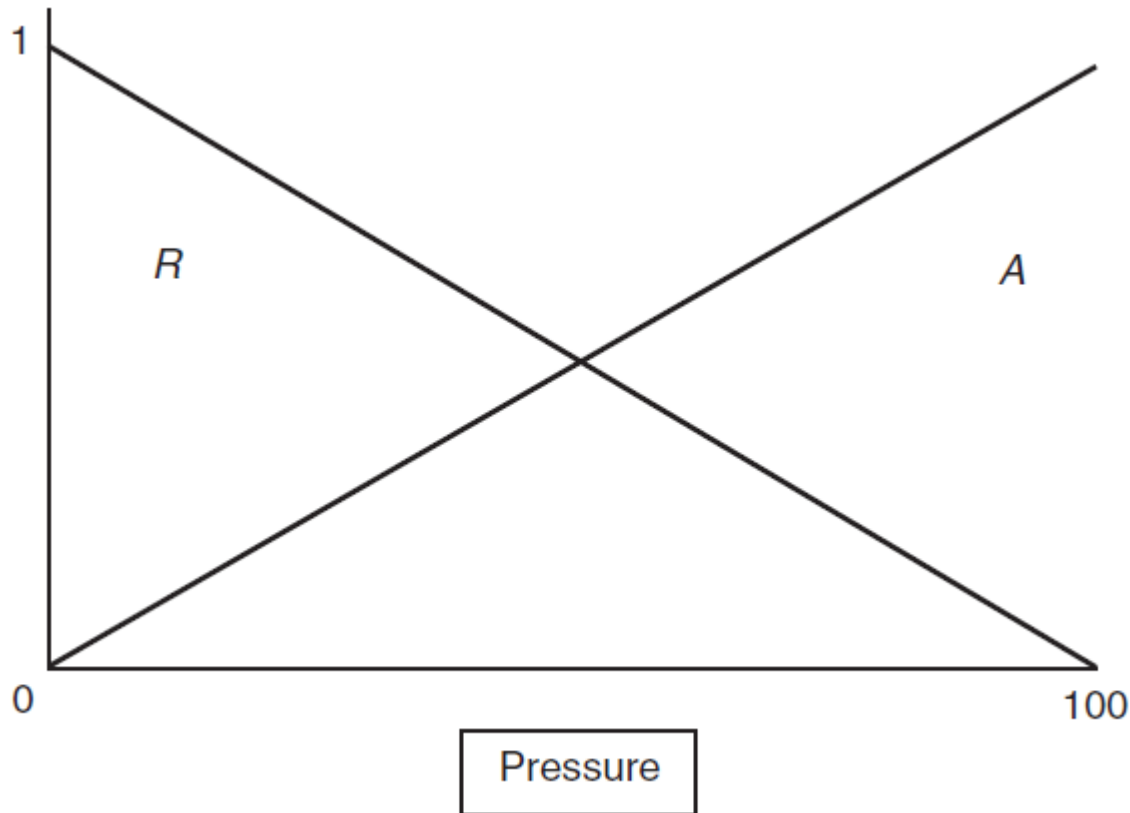
Inferência Nebulosa (exemplo)

- Usualmente, a conjunção de duas ou mais variáveis nebulosas é tomada como o mínimo dos vários valores de pertinência. Assim, o antecedente para a Regra 2, nesse caso, tem o valor 0,2. Então, a Regra 2 nos dá um valor nebuloso de 0,2 para “Aperte o freio”.
- De modo semelhante, avaliamos as regras 3 e 4.
- Regra 3:
 - $P_A(60)=0,2$
 - $P_F(80)=0,667$
 - $P_F(55)=0,083$

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Assim, a Regra 3 nos dá um valor de 0,083 para “Libere o freio”.
- E a Regra 4: $PL(60)=0$, nos dá um valor nebuloso de 0 para “Libere o freio”.
- Agora, é preciso combinar esses valores.
- Primeiramente, é preciso definir matematicamente o que quer dizer “aperte o freio” ou “libere o freio”, como mostra a figura a seguir:

Inferência Nebulosa (exemplo)



R=Libere o freio

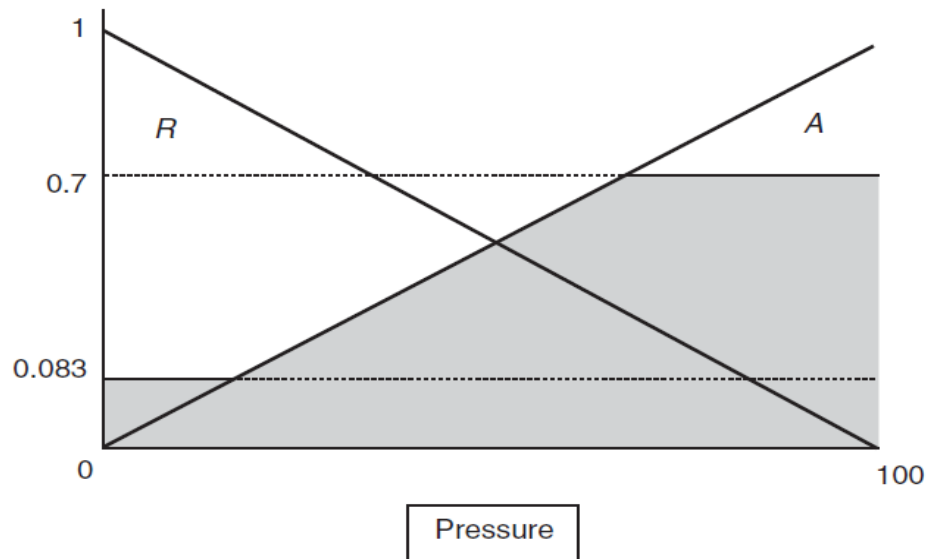
A= Aperte o freio

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Para aplicar essas regras, precisamos decidir como combinar os diferentes valores para cada uma das duas variáveis nebulosas.
- Temos 0,2 e 0,5 para “aperte o freio” e “0,083 e 0” para “libere o freio”. Poderíamos somar os valores ou tomar o mínimo ou o máximo.
- A combinação depende da natureza do problema.
- No presente caso, faz sentido somar os valores, porque as regras distintas estão dando razões diferentes para “apertar o freio” ou “liberar o freio”.

Inferência Nebulosa (exemplo)

- Assim, chegamos a um valor de 0,7 para “aperte o freio” e “0,083” para “libere o freio”.
- O próximo passo é **cortar** as funções de pertinência das duas variáveis nesses valores.



R=Libere o freio

A= Aperte o freio

Inferência Nebulosa (exemplo)

- A partir de agora, uma saída nítida deverá ser determinada a partir dos valores nebulosos.
- Esse processo é conhecido como **desnebulização** (**defuzzification**). Isso pode ser feito pela obtenção do centro de gravidade (ou centroide) da forma sombreada da figura.
- A fórmula para o centro de gravidade é

$$C = \frac{\sum P_A(x) x}{\sum P_A(x)}$$

- em que $P_A(x)$ é a função de pertinência ilustrada na área sombreada da figura.

Inferência Nebulosa (exemplo)

Na verdade, o centro de gravidade deveria ser realmente calculado como uma integral contínua, mas, se usarmos uma soma discreta com uma seleção razoável de valores, é possível obter uma resposta aproximada o suficiente.

Assim, podemos calcular o centro de gravidade da forma sombreada da figura como:

$$C = \frac{(5 \times 0.83) + (10 \times 0.1) + (15 \times 0.15) + (20 \times 0.2) + \dots + (100 \times 1)}{0.083 + 0.1 + 0.15 + 0.2 + \dots + 1}$$
$$= \frac{717.666}{10.533} = 68.13$$

Grau em que o freio
é aplicado!

Slides baseados no livro **Inteligência Artificial**, Ben
Coppin, LTC – Livros Técnicos e Científicos
Editora S.A, 2010.
