

# ЛЕКЦИЯ 5

## Нечеткая продукция

Продукционная система состоит из некоторой базы правил. В общем виде правило нечеткой продукции записывается так:

$(i) : Q, P, A \Rightarrow B, S, F, N$ , где

$(i)$  - наименование (номер) правила,

$Q$  - предметная область,

$A \Rightarrow B$  - ядро правила,

$P$  - предусловие,

$S$  - способ/процедура определения истинности ядра,

$F$  - коэффициент определенности (доверие относительно правила),

$N$  - постусловие/постдействие (что делается, если ядро выполняется).

### Способы определения истинности ядра

В четкой логике существуют следующие способы:

1. Modus Ponens (прямой метод):

$$\text{If } \underbrace{A \text{ is } B}_{\alpha}, \text{ then } \underbrace{C \text{ is } D}_{\beta}.$$

$A$  есть  $B$ ,  $C$  есть  $D$ , прямой ход рассуждения -  $(\alpha \wedge (\alpha \rightarrow \beta)) \rightarrow \beta$ .

2. Modus Tollens:

$$\text{If } \underbrace{A \text{ is } B}_{\alpha}, \text{ then } \underbrace{C \text{ is } D}_{\beta}.$$

$C$  не есть  $D$ ,  $A$  не есть  $B$ ,  $((\alpha \rightarrow \beta) \wedge \bar{\beta}) \rightarrow \bar{\alpha}$ .

Применяем данные способы к нечеткой логике: if  $A$ , then  $B$ .

Пусть  $A$  - унарное нечеткое множество вида:  $A = \{x, \mu_A(x)\}$ , и пусть множество  $B = \{y, \mu_B(y)\}$ .

Введем бинарное отношение  $Q = \{\langle x, y \rangle, \mu_Q(\langle x, y \rangle)\}$ .

$Q$  характеризует степень истинности высказывания "If  $A$ , then  $B$ ".

Нужно определить истинность  $B$ .

Воспользуемся нечеткой композицией.

1.  $\mu_B(y) = \max_x \{\min\{\mu_A(x), \mu_Q(\langle x, y \rangle)\}\}$  (max - min).

2.  $\mu_B(y) = \max_x \{\mu_A(x) \cdot \mu_Q(\langle x, y \rangle)\}$  (max - prod).

3.  $\mu_B(y) = \min_x \{\max\{\mu_A(x), \mu_Q(\langle x, y \rangle)\}\}$  (min - max).

4. min - min.

5. max - max.

6.  $\mu_B(y) = \frac{1}{2} \max_x \{\mu_A(x) + \mu_Q(\langle x, y \rangle)\}$ .

Это методы для прямого метода рассуждения.

*Пример. (Примечание: в примере рассматривается идеальная ситуация, на практике же подобная ситуация может иметь совершенно другие результаты, сильно отличающиеся от теоретических :) )*

1. Если студент посещает лекции, то он пишет конспект :) .  $F = 0.75$ .
2. Если у студента  $\exists$  конспект, то он хорошо подготовится к экзамену.  $F = 0.9$ .
3. Если студент посещал лекции и готов к экзамену, то сдаст экзамен.  $F = 0.95$ .

Возьмем способ импликации по Мамдани (*Примечание: Ebrahim Mamdani - английский математик :)* ).

1.  $T_1 = 0.6$ .
2.  $T_2 = 0.6$ .
3.  $T_3 = 0.6$ .

Если отрицание - что не сдаст экзамен:  $\bar{T}_3 = 0.4$ .

*Возможное домашнее задание: применить другие правила композиции.*

If A, then B.

Запишем теперь ядро в следующем виде:

If  $\underbrace{\beta_1}_{A} is \nabla \alpha_1$ , then  $\underbrace{\beta_2}_{B} is \nabla \alpha_2$ , где

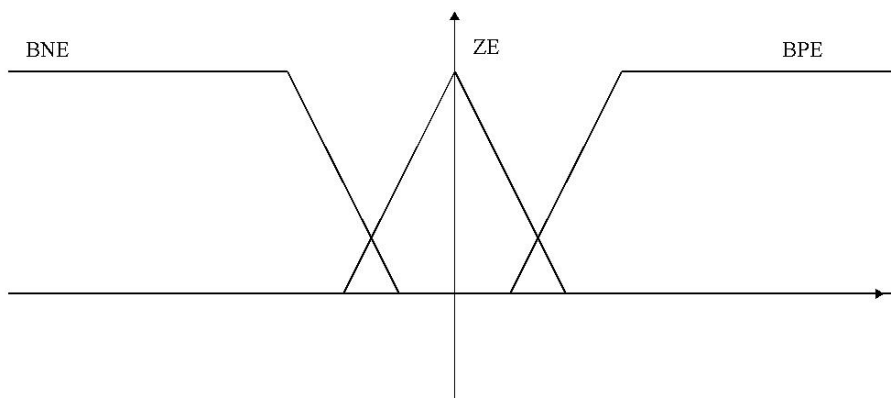
$\beta_1$  и  $\beta_2$  - лингвистические переменные,

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - лингвистические термы,

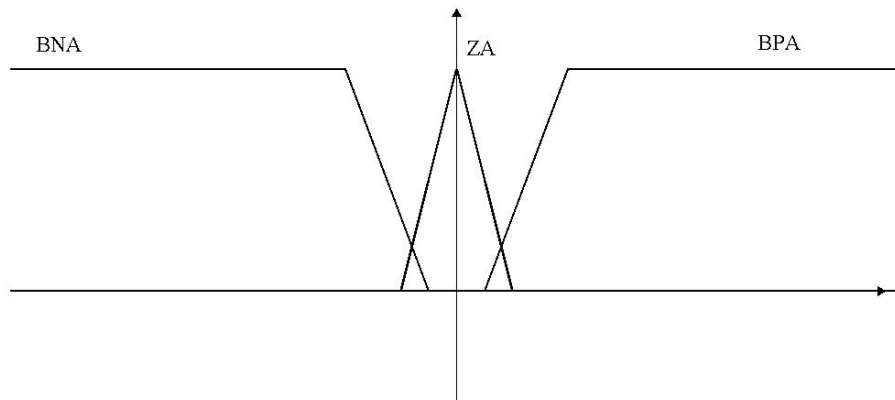
$\beta is \alpha$  - нечеткое лингвистическое высказывание.

*Пример. Если скорость автомобиля высокая, то расход топлива большой.*

"Ошибка скорости"



## "Управляющее ускорение"



1. Фаззификация (перевод в область нечеткости):

$$\mu_{ZE}(E_V) > 0,$$

$$\mu_{BNE}(E_V) = 0,$$

$$\mu_{BPE}(E_V) < 0.$$

2. Агрегирование подусловий:

*Если "Ошибка по скорости" есть ВРЕ ( $T = 0$ ), то "Управляющее ускорение" есть ВРА.*

Может быть такой случай:

*Если "Ошибка по скорости" есть ВРЕ или "Ошибка по скорости" есть ZE, то  
....*