

# *Нечеткая логика*

# Немного теории

- Нечеткая логика основана на использовании оборотов естественного языка - «далеко», «близко», «холодно», «горячо».
- Диапазон ее применения - от бытовых приборов до управления сложными промышленными процессами.
- Многие задачи управления просто не могут быть решены классическими методами из-за очень большой сложности математических моделей.

# Примеры применения нечеткой логики:

- Автоматическое управление воротами плотины на гидроэлектростанциях
- Упрощенное управление роботами
- **Наведение телекамер** при трансляции спортивных событий
  
- Эффективное и стабильное управление автомобильными двигателями
  
- Управление экономичной скоростью **автомобилей** (*Nissan, Subaru*)

- Оптимизированное планирование автобусных расписаний (*Toshiba,*)
- Системы архивации документов (*Mitsubishi Elec.*)
- Системы прогнозирования землетрясений (*Japan*)
- диагностика рака (*Kawasaki Medical School*)

- **Распознавание рукописных символов в карманных компьютерах (записных книжках)**  
*(Sony)*
- **Однокнопочное управление стиральными машинами**  
*(Matsushita, Hitachi)*
- **Распознавание рукописных текстов, объектов, голоса**  
*(CSK, Hitachi, Hosai Univ., Ricoh)*

- Управление метрополитенами для повышения удобства вождения, точности остановки и экономии энергии (*Hitachi*)
- Оптимизация потребления бензина в **автомобилях**  
(*NOK, Nippon Denki Tools*)
- Повышение чувствительности и эффективности **управления лифтами**  
(*Fujitec, Hitachi, Toshiba*)

# Термин "*нечеткая логика*"

- В узком смысле,
- *нечеткая логика* — это логическое исчисление, являющееся расширением многозначной логики.
- В широком смысле
- *нечеткая логика* равнозначна теории нечетких множеств.
- *Нечеткая логика* в узком смысле является разделом нечеткой логики в широком смысле

- Впервые термин нечеткая логика (**fuzzy logic**) был введен американским профессором **Лотфи Заде** в 1965 году в работе “Нечеткие множества” в журнале “Информатика и управление”.



Родился в Баку Родился в Баку, Азербайджан как **Лотфи Алескерзаде** (или **Аскер Заде**) от русской матери и отца азербайджанца иранского происхождения; с 1932) от русской матери и отца азербайджанца иранского происхождения; с 1932 года жил в Иране) от русской матери и отца азербайджанца иранского происхождения; с 1932 года жил в Иране, учился Тегеранском университете; с 1944 в Соединенных Штатах; работает в



- **Определение Нечетким множеством** на множестве  $X$  назовем пару  $(X, \mu_A)$ ,
- где  $\mu_A(x)$  – функция, каждое значение которой  $\mu_A(x) \in [0, 1]$  – степень принадлежности точки  $x \in X$  множеству.
- Функция  $\mu_A$  – называется **функцией принадлежности множества**.
- Для обычного четкого множества  $A$  можно положить

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A, \\ 0, & x \notin A. \end{cases}$$

- **Определение** Нечеткое множество называется *пустым*, если  $\mu_A(x) = 0$  для всех  $x \in X$ .
- **Пример**
- Пусть  $X$  – множество студентов,
- $A$  – множество пожилых людей. Нечеткое множество  $A$  – пустое,  $\mu_A(x) = 0$  для всех  $x \in X$ , так как пожилых студентов, вообще говоря, не бывает

- В феврале 1991 года была сконструирована **первая <интеллектуальная> стиральная машина**, в системе управления которой сочетались нечеткая логика.
- Автоматически определяя нечеткие входные факторы :
- объем и качество белья,
- уровень загрязненности,
- тип порошка и т.д.),

стиральная машина выбирала оптимальный режим стирки из 3800 ВОЗМОЖНЫХ.



# Пример

- Прогноз погоды на завтра
- температура воздуха +10 градусов С, возможен дождь.
- Это и есть проявление нечеткой логики: погода завтра может быть в данном случае как просто пасмурной, так и дождливой:
- события здесь предсказываются с некоторой долей уверенности (рангом).

# Недостатки нечетких систем

- являются:
- **отсутствие стандартной методики конструирования нечетких систем;**
- **невозможность математического анализа нечетких систем существующими методами;**
- **применение нечеткого подхода по сравнению с вероятностным не приводит к повышению точности вычислений.**

# Области эффективного применения современных технологий управления



# БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

- Определение  $\mu_A(x)$  –

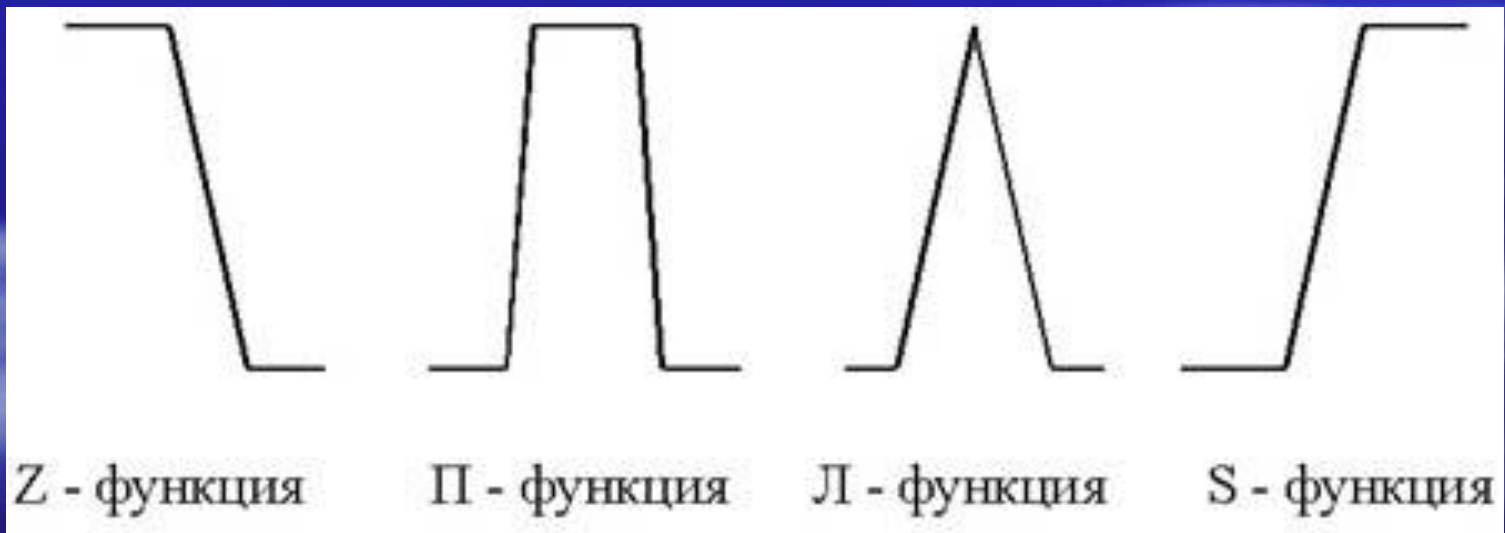
$$\mu_A(x)$$

- *характеристическая функция принадлежности* (функция принадлежности) - функция указывает степень (уровень) принадлежности элемента  $x$  подмножеству  $A$

✓ **Замечание** Обычное множество - частный случай нечеткого множества.

- Функцию принадлежности, как и всякую функцию, можно задавать таблично или аналитически.

- Вид функции принадлежности может быть абсолютно произвольным .
- Основные виды





## Основные характеристики нечетких множеств

- 1. Величина  $\mu_A(x)$  называется **высотой** нечеткого множества  $A$ .
- Нечеткое множество  $A$  **нормально**, если его высота равна 1, в противном случае нечеткое множество называется **субнормальным**.
- Нечеткое множество **унимодально**, если функция принадлежности =1 только для одного элемента.
- Элементы  $x \in E$ , для которых  $\mu_A(x) = 0,5$ , называются точками **перехода множества**

📌 **Пример** нечетких множеств

📌 1) Пусть  $E = \{0, 1, 2, \dots, 10\}$ ,  $M = [0, 1]$ .

Нечеткое множество "Несколько" можно определить следующим образом:

$$\text{"Несколько"} = 0,5/3 + 0,8/4 + 1/5 + 1/6 + 0,8/7 + 0,5/8;$$

его характеристики: высота = 1,

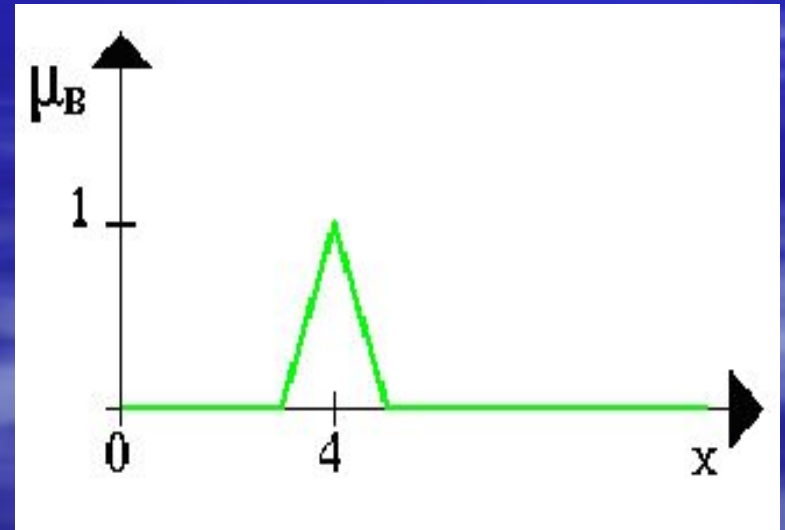
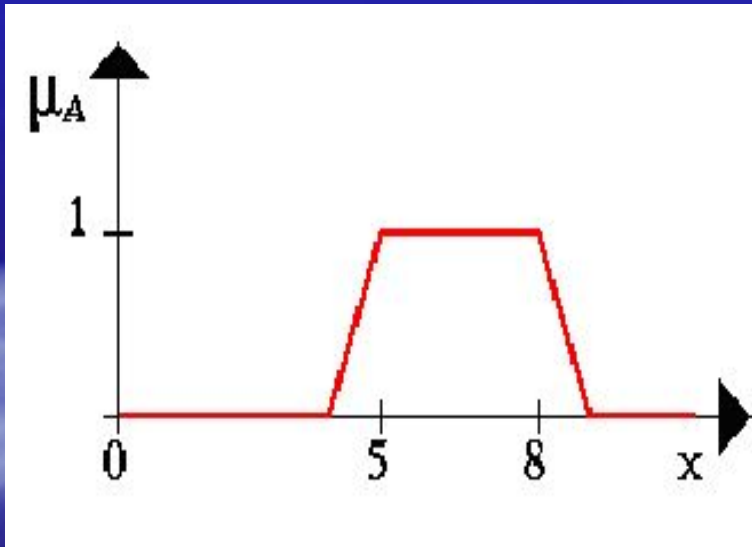
носитель -  $\{3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ ,

точки перехода -  $\{3, 8\}$ .

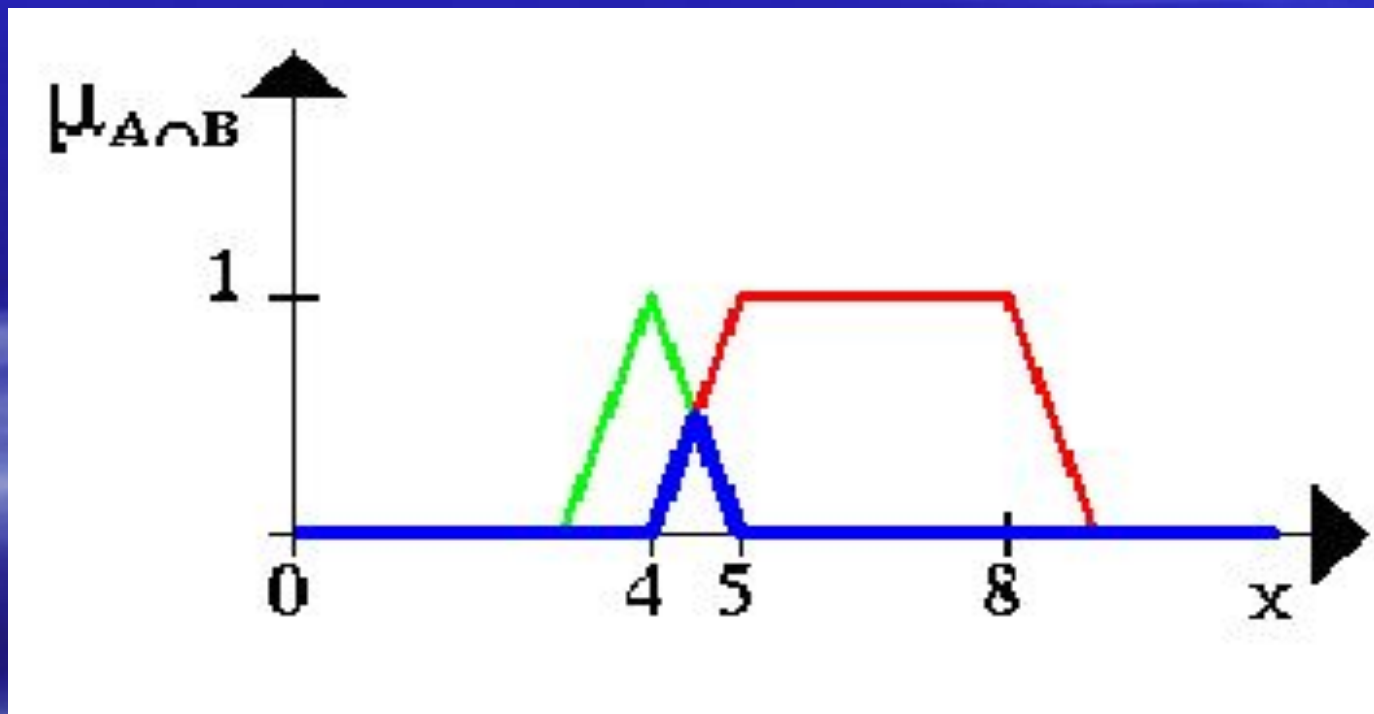
- Л. А. Задэ предложил
- **оператор минимума** для **пересечения**  
**оператор максимума** для **объединения**  
**двух нечетких множеств**

# Пример

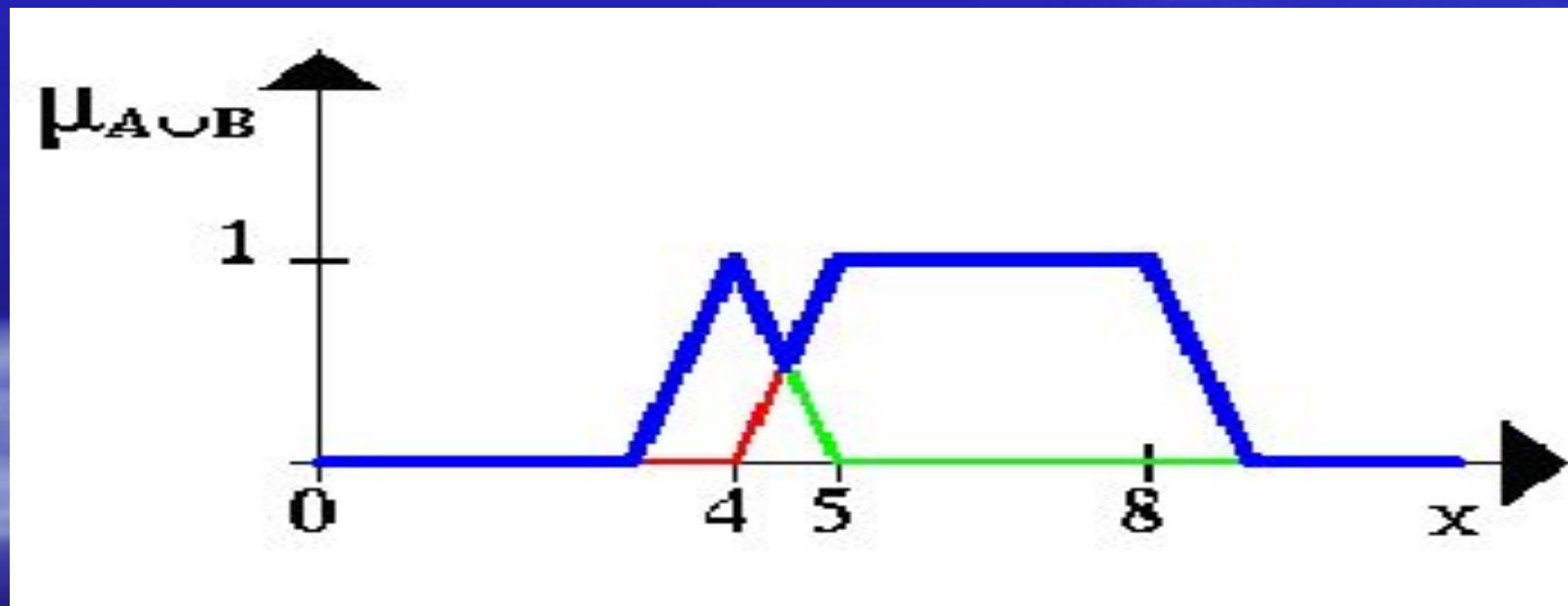
- Пусть  $A$  нечеткий интервал от 5 до 8 и  $B$  нечеткое число *около* 4



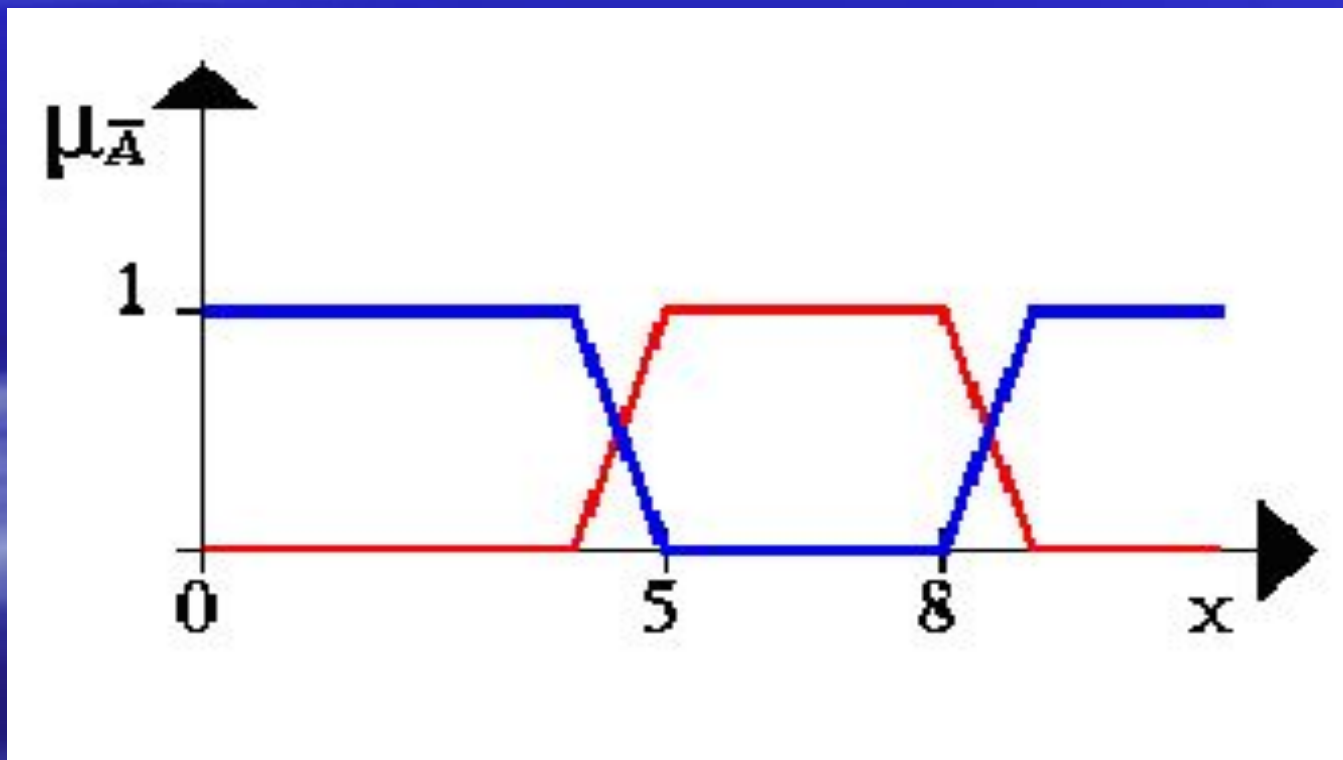
- **Пересечение** нечеткое множество *между 5 и 8 И (AND)* **около 4 (синяя линия)**.



- **Объединение** Нечеткое множество *между 5 и 8 ИЛИ (OR) около 4*

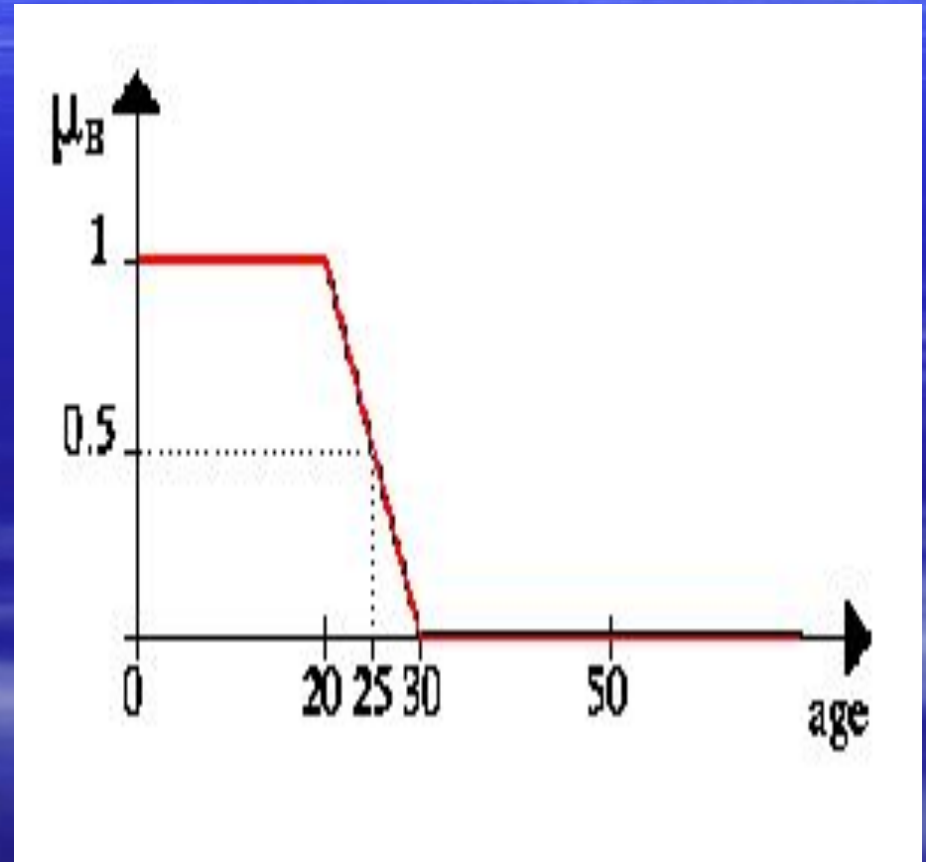


- Отрицание Синяя линия - это **ОТРИЦАНИЕ** нечеткого множества  $A$ .



# Пример Нечеткое множество для термина «МОЛОДОЙ»

- До 16 лет нельзя однозначно утверждать, что человек молодой (рангом около 0,9).
- от 16 до 30 лет можно смело присвоить ранг 1, т.е. человек в этом возрасте молодой.
- После 30 лет человек вроде уже не молодой, но еще и не старый, здесь ранг будет принимать значения в интервале от 0 до 1.
- И чем больше возраст человека, тем меньше становится его принадлежность к молодым, т.е. ранг будет стремиться к 0.





# Принципы работы систем с нечеткой логикой

## □ Фаззификация:

(измерительные приборы фаззифицируются (переводятся в нечеткий формат),

## □ Разработка нечетких правил

□ Дефаззификация виде привычных сигналов подаются на исполнительные устройства.

- **Определение Фаззификация** - сопоставление множества значений  $x$  ее функции принадлежности  $M(x)$ , т.е. перевод значений  $x$  в нечеткий формат **Дефаззификация** - процесс, обратный фаззификации.
- **Значения функции принадлежности  $M(x)$**  могут быть взяты только из **априорных знаний**, интуиции (опыта), опроса экспертов.

## *Понятие лингвистической переменной*

- **Определение** Лингвистическая переменная - переменная, значениями которой являются не числа, а слова естественного языка, называемые **термами**.
- Для большинства приложений достаточно **3-7 термов** на каждую переменную.  
(минимальное , максимальное, среднее)
- **Максимальное количество термов- не ограничено** и зависит целиком от приложения

# Определение числа термов

- исходите из стоящей перед вами задачи и необходимой точности описания, помните, что для большинства приложений **вполне достаточно трех термов** в переменной;
- нечеткие правила функционирования системы должны быть понятны.

# Лингвистическая переменная

- - определяете необходимое число термов и каждому из них ставите в соответствие некоторое значение описываемой физической величины .
- Для этого значения степень принадлежности физической величины к терму будет равна единице, а для всех остальных значений - в зависимости от выбранной функции принадлежности

# Пример

- 1. Лингвистическая переменная **ВОЗРАСТ**
- для нее термины **ЮНОШЕСКИЙ**, **СРЕДНИЙ** и **ПРЕКЛОННЫЙ**.
- 2. Лингвистической переменной **ДИСТАНЦИЯ** являются термины **ДАЛЕКО**, **БЛИЗКО**

- Нечеткие системы основаны на правилах продукционного типа,

в качестве посылки и заключения в правиле используются лингвистические переменные.

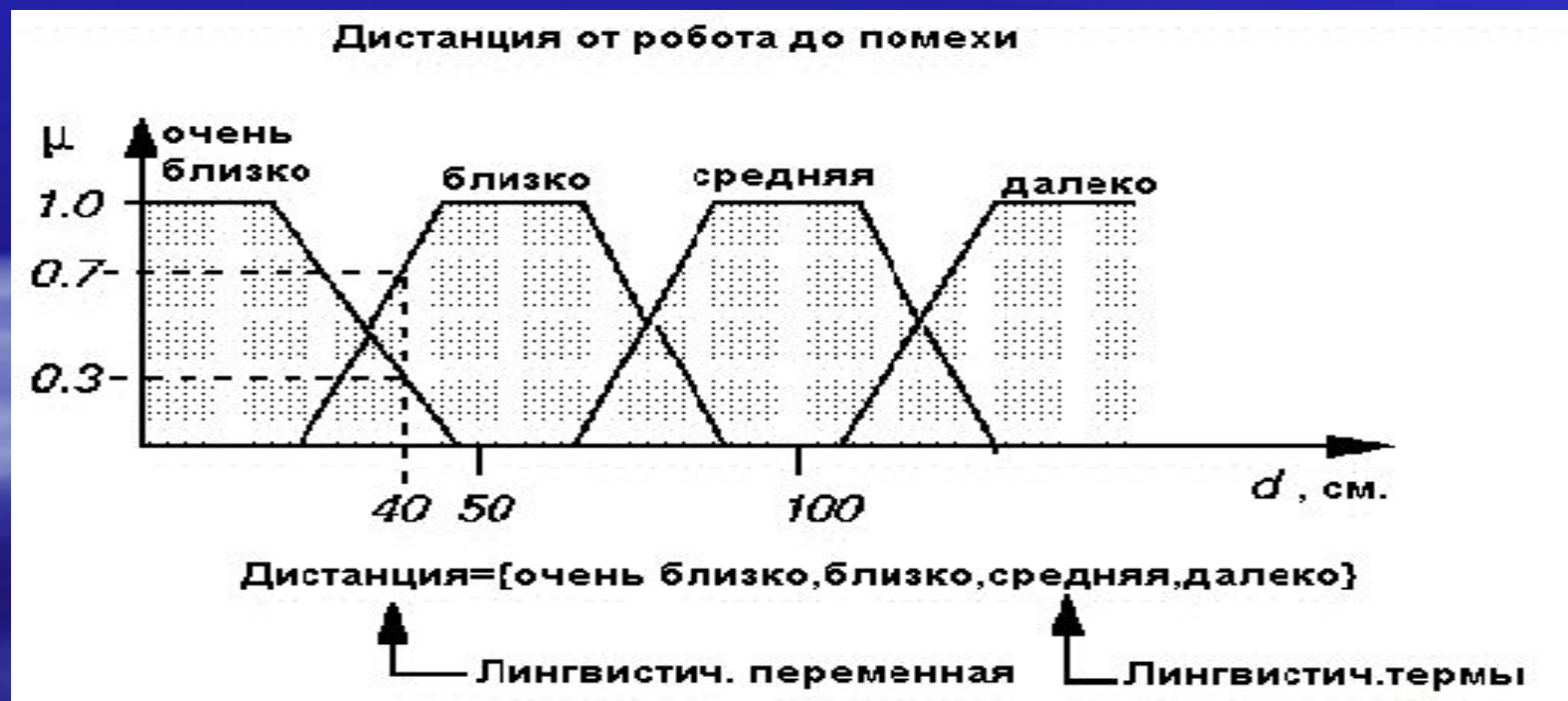
# Правило продукций

- состоит из посылок и заключения.
- Возможно наличие нескольких посылок в правиле,
- они объединяются посредством логических связок И, ИЛИ.
- Продукционное правило записывается в виде:
- «ЕСЛИ (посылка) (связка) (посылка)... (посылка) ТО (заключение)».



# Пример

- Можно задать степень принадлежности к терму **ОЧЕНЬ БЛИЗКО** равную 0.7, а к терму **БЛИЗКО** – 0.3



# Приложения нечеткой логики

- **Использование нечеткого управления рекомендуется...**
- для очень сложных процессов, когда не существует простой математической модели
- для нелинейных процессов высоких порядков
- если должна производиться обработка (лингвистически сформулированных) экспертных знаний