

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 амерканским 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, mA) ,
- где $mA(x)$ – функция, каждое значение которой $mA(x) \in [0, 1]$ – степень принадлежности точки $x \in X$ множеству.
- Функция mA – называется **функцией принадлежности множества**.
- Для обычного четкого множества A можно положить

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

- **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 $\mu_A(x)$ —

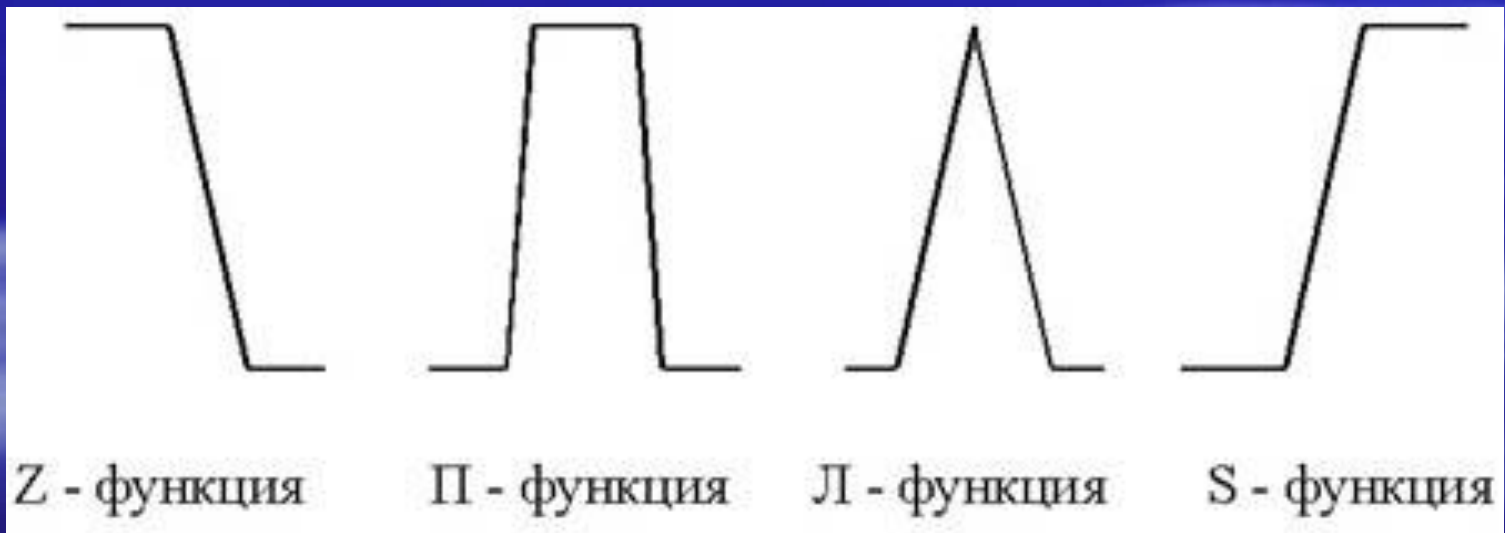
$$\mu_A(x)$$

- *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:

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

его характеристики: высота = 1,

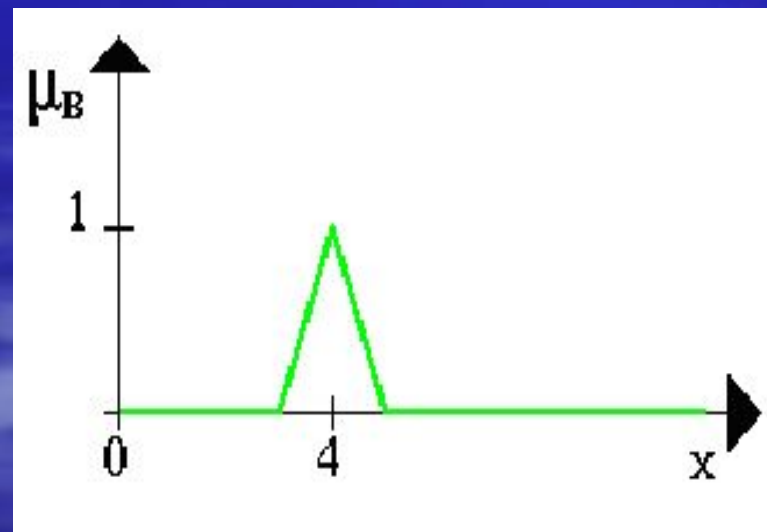
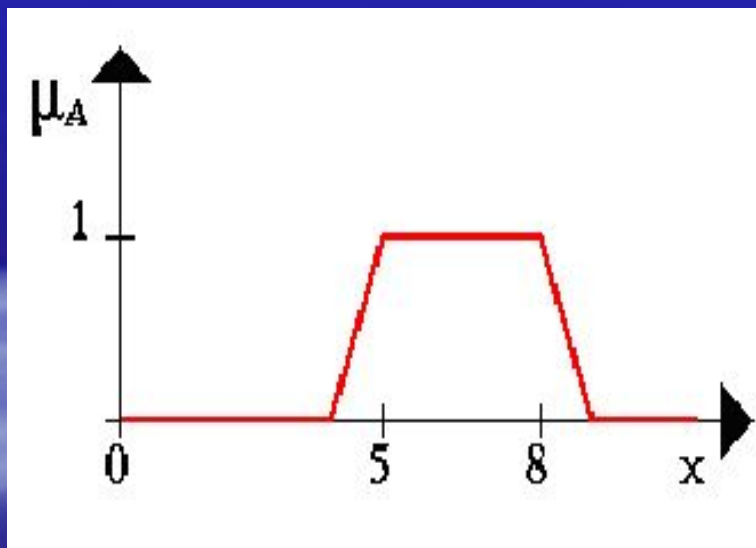
носитель - $\{3, 4, 5, 6, 7, 8\}$,

точки перехода - $\{3, 8\}$.

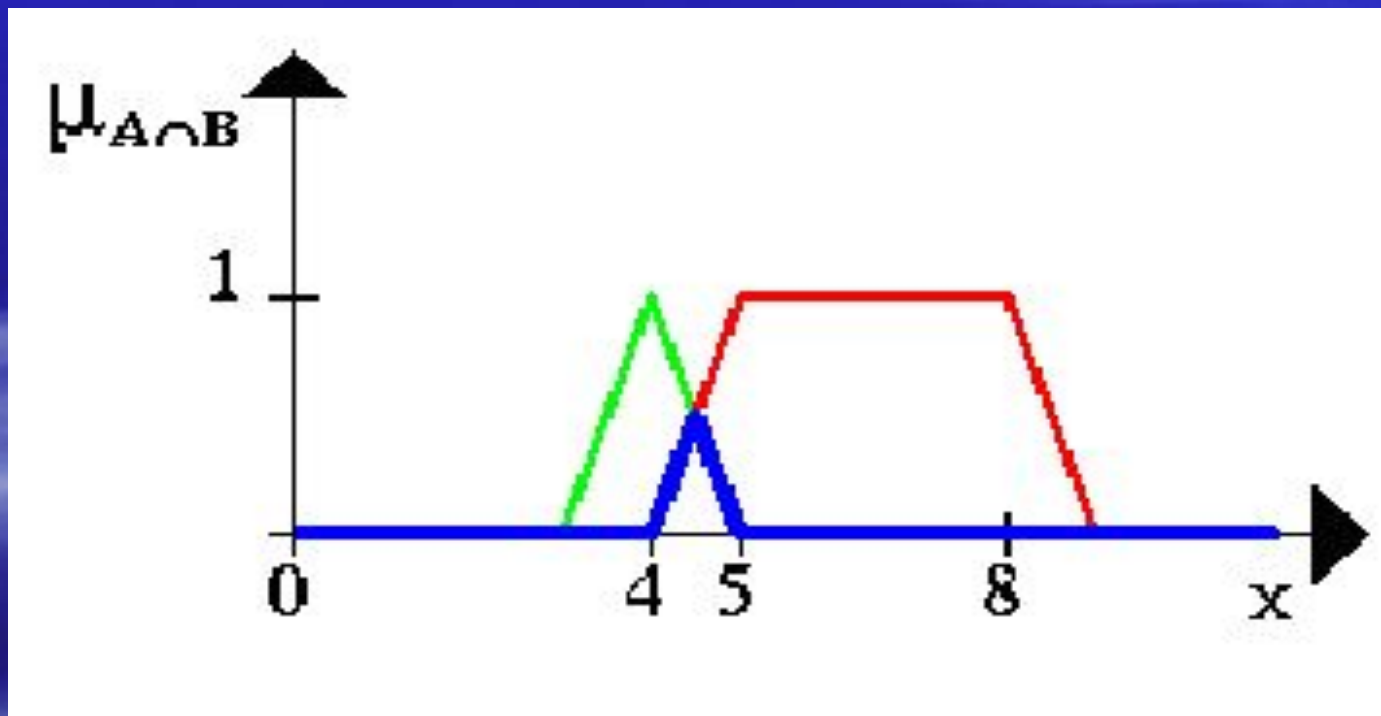
- Л. А. Задэ предложил
- оператор минимума для пересечения
оператор максимума для объединения
двух нечетких множеств

Пример

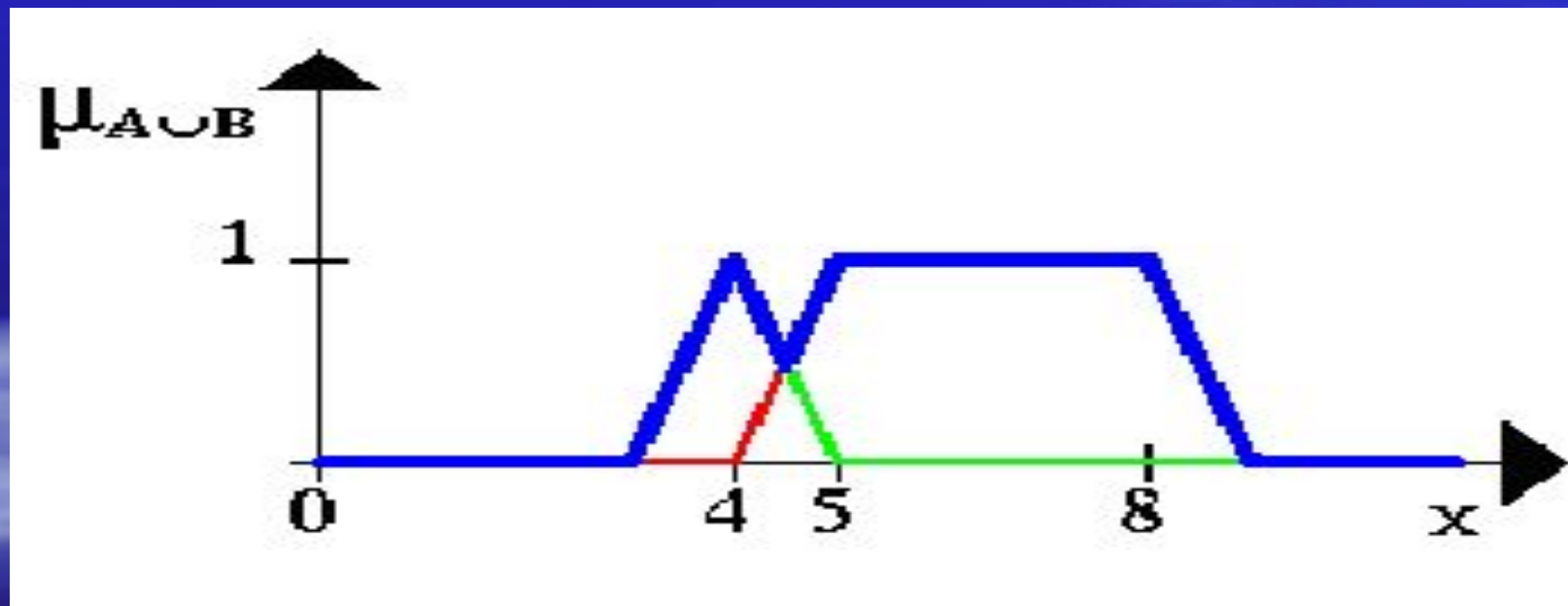
- Пусть A нечеткий интервал от 5 до 8 и B нечеткое число *около* 4



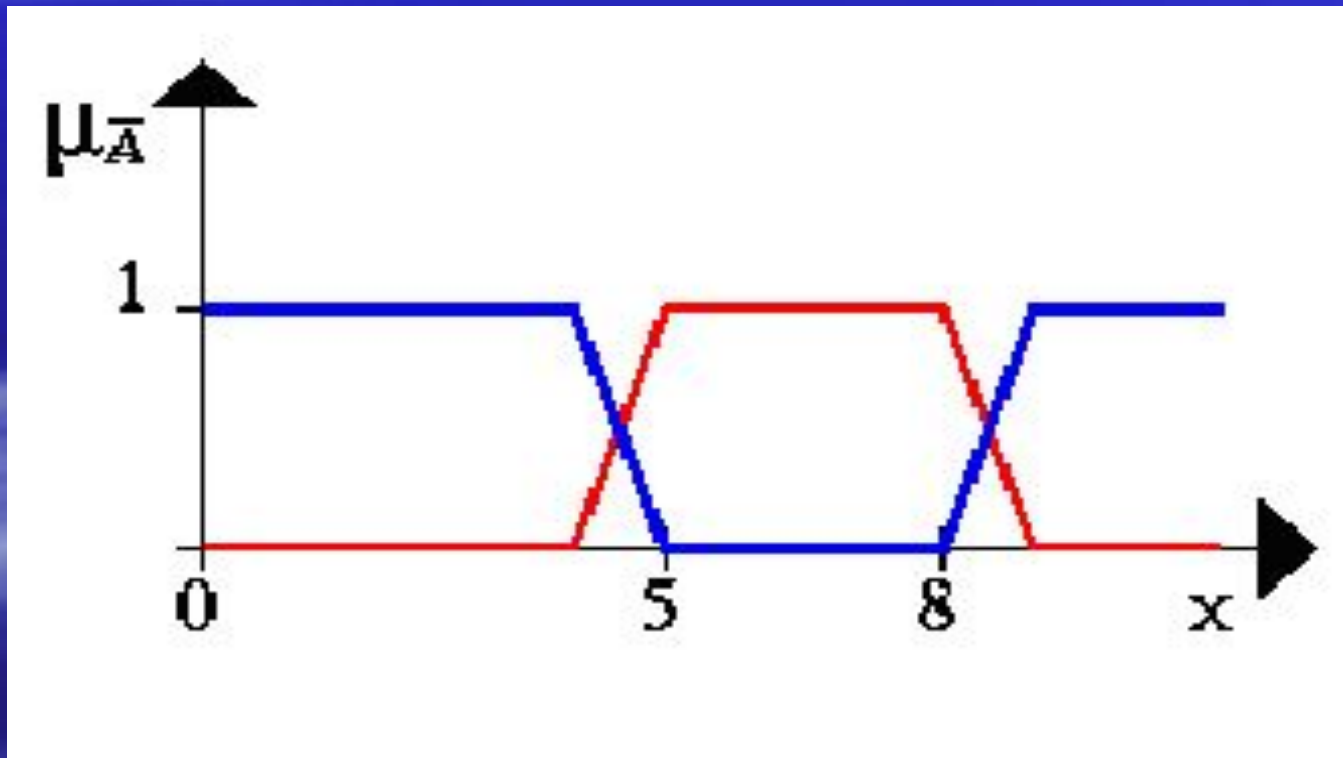
- **Пересечение** нечеткое множество *между 5 и 8 И (AND)* *около 4 (синяя линия)*.



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

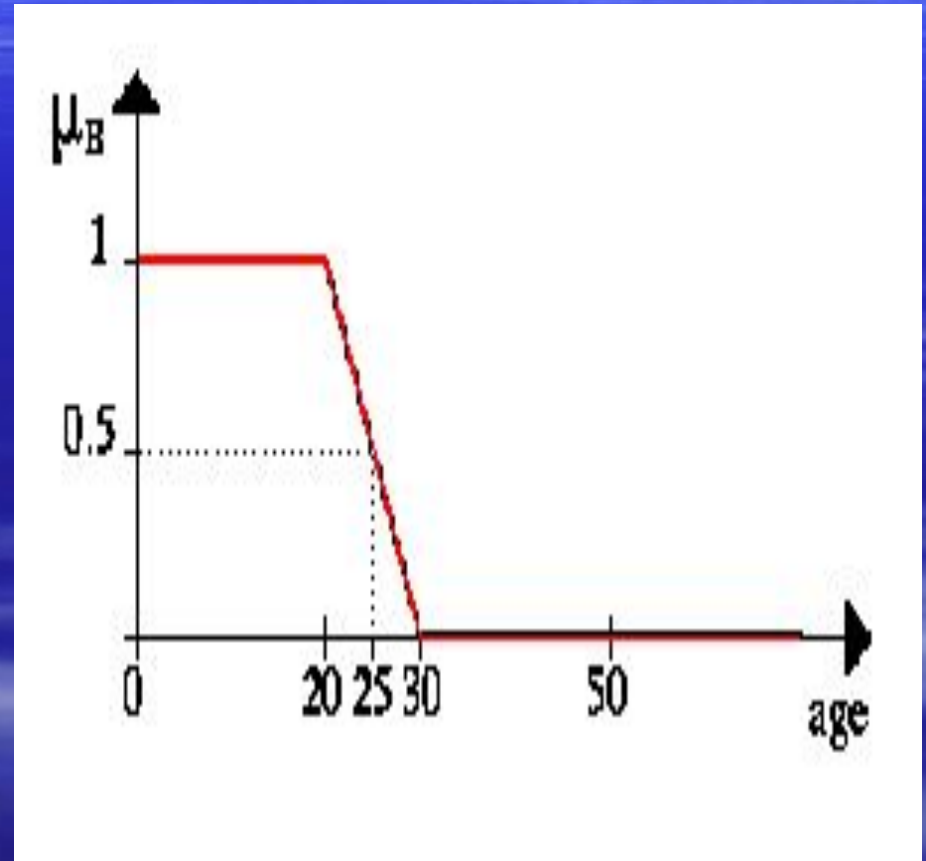


- Отрицание Синяя линия - это **ОТРИЦАНИЕ** нечеткого множества A .



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 термы **ЮНОШЕСКИЙ, СРЕДНИЙ** и **ПРЕКЛОННЫЙ**.
- 2. Лингвистической переменной **ДИСТАНЦИЯ** являются термы **ДАЛЕКО, БЛИЗКО**

- Нечеткие системы основаны на правилах продукционного типа,

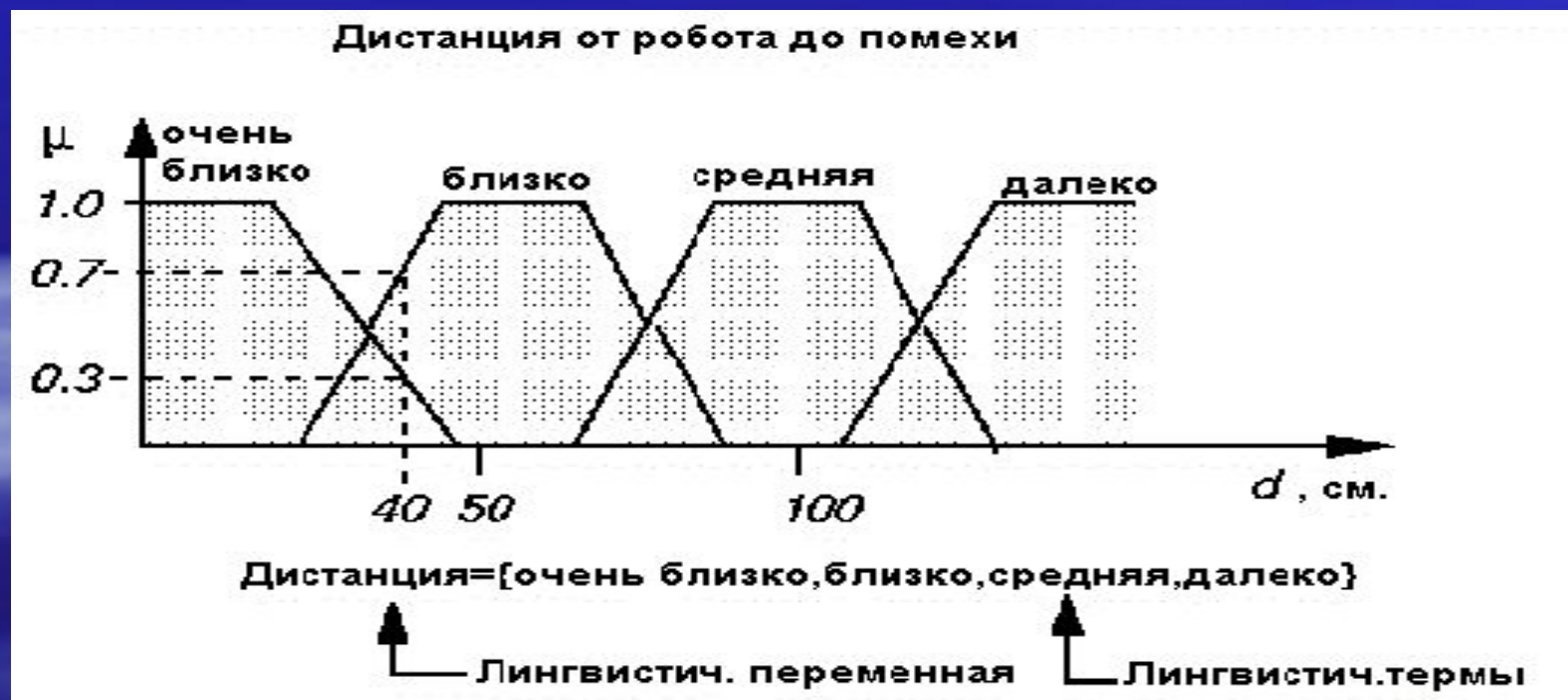
в качестве посылки и заключения в правиле используются лингвистические переменные.

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