Интеллектуальные информационные системы

- **База знаний** (БЗ; англ. *knowledge base, KB*) в информатике и исследованиях искусственного интеллекта — это особого рода база данных, разработанная для оперирования знаниями (метаданными). База знаний содержит структурированную информацию, покрывающую некоторую область знаний, для использования кибернетическим устройством (или человеком) с конкретной целью. Современные базы знаний работают совместно с системами поиска информации, имеют классификационную структуру и формат представления знаний.

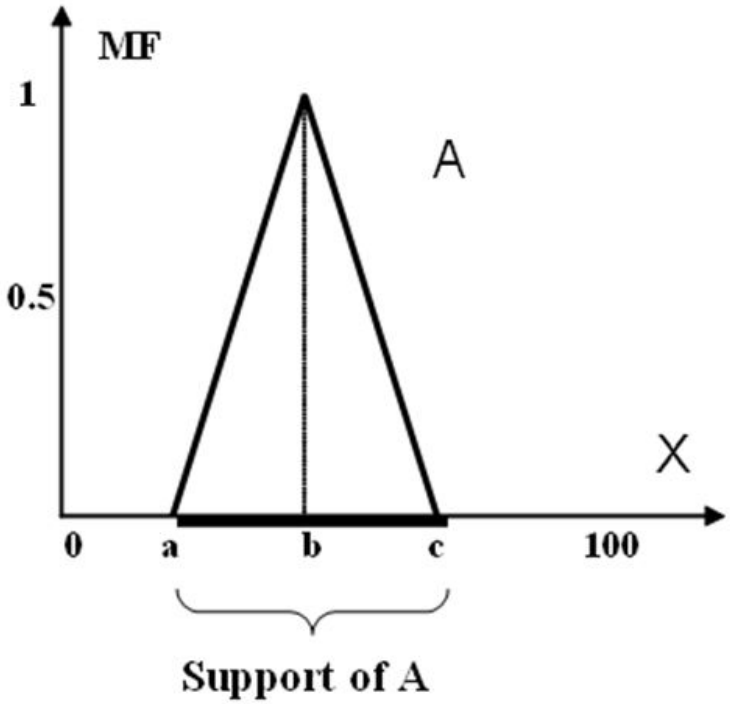
Нечеткая множество

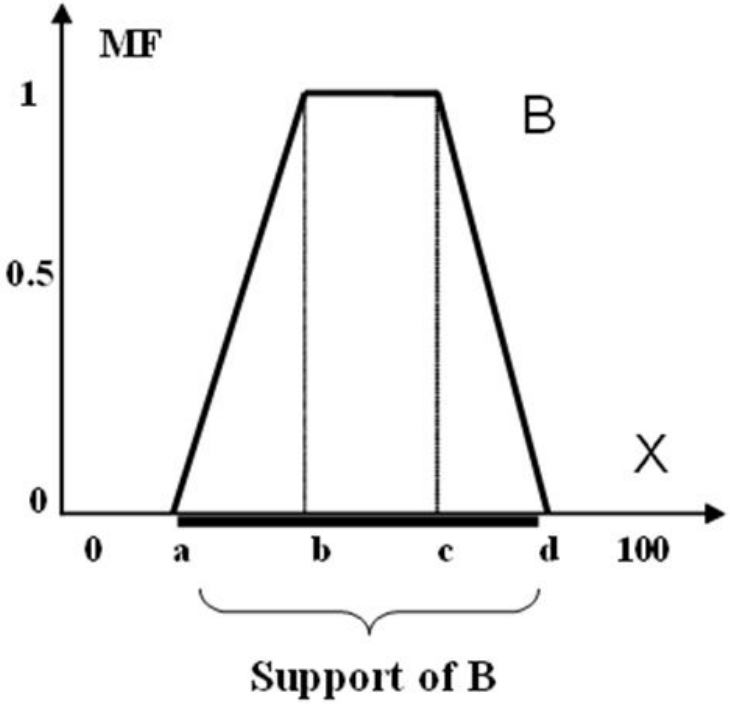
- *Определение*: ***нечеткое множество*** (**a fuzzy set**)
- Пусть X есть некоторое универсальное множество (универсум). Тогда нечеткое множество A в X определяется как упорядоченное множество пар
- $A =$,
- где называется функцией принадлежности (ФП) элемента к нечеткому множеству A.
- ФП приписывает каждому элементу из X значение из интервала [0, 1] , которое называется *степенью принадлежности* к или нечеткой мерой.
- Нечеткая мера может быть рассмотрена как степень истинности того, что элемент принадлежит A.

Типы функций принадлежности

- **Треугольные ФП** (Рис.2-2, А) описываются тремя параметрами {*a,b,c*}, которые определяют *x* координаты трех углов треугольника следующим образом:
- .
-
- **Трапециидальные ФП (**Рис.2-2, В) описываются четырьмя параметрами {*a,b,c,d*}**,** которые определяют *x* координаты четырех углов трапеции следующим образом:
- .

Типы функций принадлежности

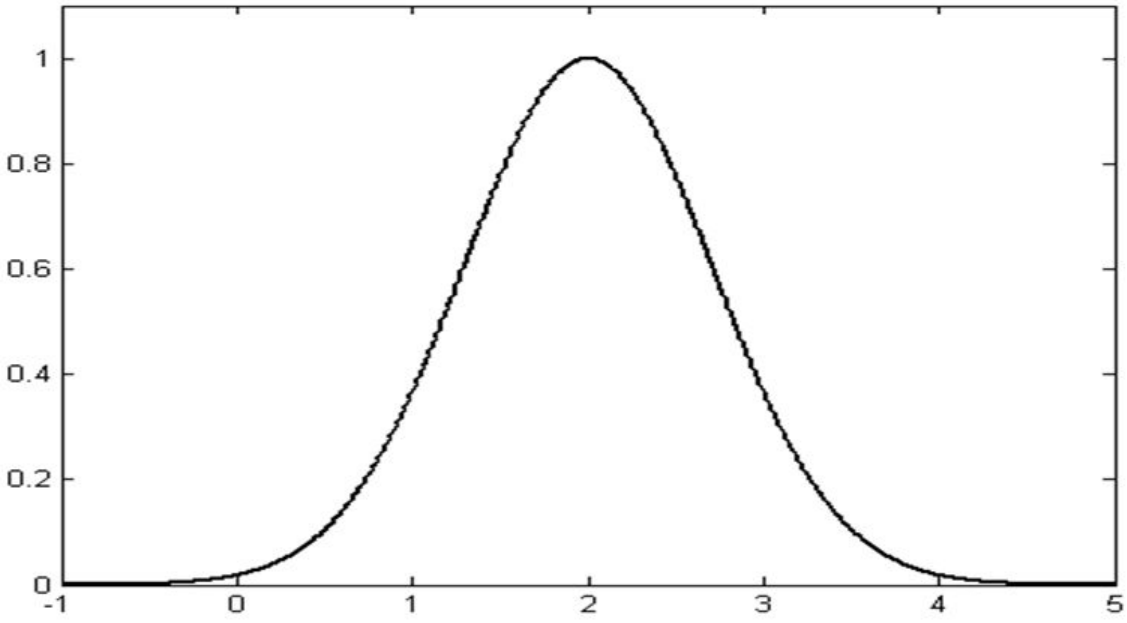




Типы функций принадлежности

Гауссовские ФП (Рис.2-3) специфицируются двумя параметрами и представляют собой следующую функцию:

$$gaussian(x,\sigma,c) = e^{-[(x-c)/\sigma]^2}.$$



Основные операции

Определение: *нечеткое подмножество* **(Fuzzy Containment or Fuzzy Subset)**
Нечеткое множество A содержится в нечетком множестве B (или, эквивалентно, A является подмножеством B) тогда и только тогда, когда

$$\mu_A(x) \le \mu_B(x) \text{ для всех } x \in X.$$

В символьной форме: $A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \le \mu_B(x)$.

Определение: *эквивалентность нечетких множеств* **(Equality of Fuzzy Sets)**
Эквивалентность (равенство) нечетких множеств A и B определяется следующим образом:

$$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x) \text{ для каждого } x \in X.$$

Определение: *нечеткое объединение или нечеткая дизъюнкция* **(Fuzzy Union)**
Объединение двух нечетких множеств A и B (в символьной форме пишется как $C = A \bigcup B$ или A OR B или A $\bigvee$ B) есть нечеткое множество C, ФП которого определяется следующим образом:

$$\mu_C(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} = \mu_A(x) \vee \mu_B(x).$$

Основные операции

Определение: *нечеткое пересечение* **(Fuzzy Intersection)**

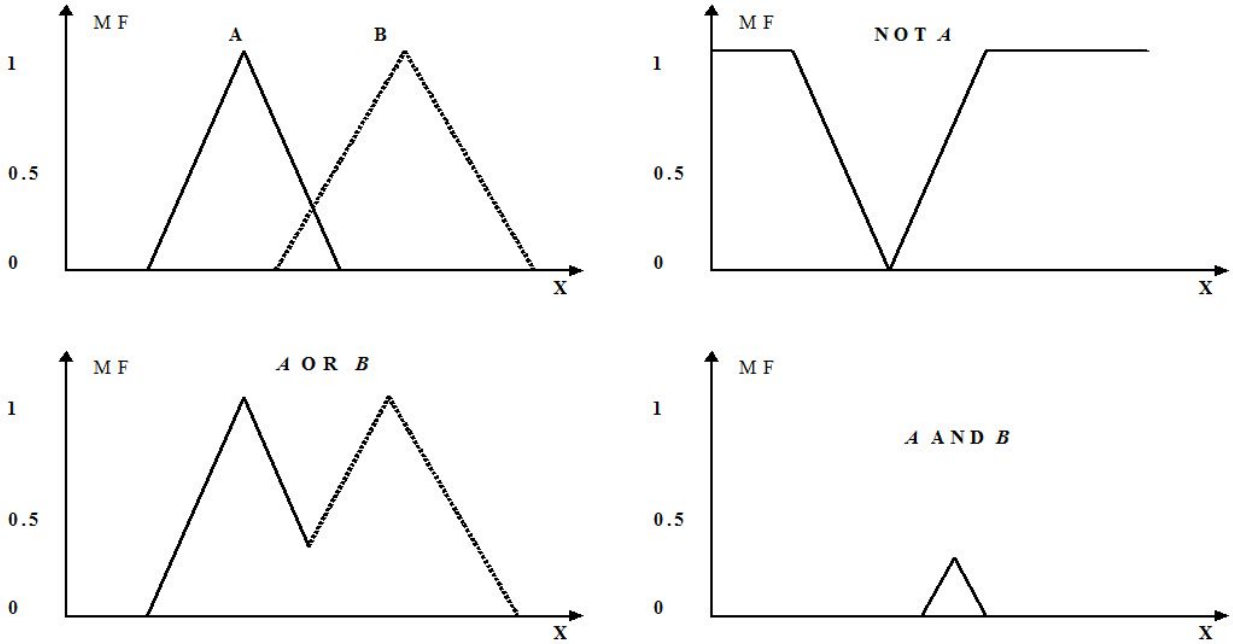
Пересечение двух нечетких множеств A и B (в символьной форме пишется как $C = A \bigcap B$, или $C = A$ AND B, или C = A $\wedge$ B) есть нечеткое множество C, ФП которого определяется следующим образом:

$$\mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x).$$

Определение: *нечеткое дополнение*

Дополнение A (в символьной форме пишется как $\bar{A}$ или $\neg A$) есть нечеткое, ФП которого определяется следующим образом:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x).$$



Лингвистическая переменная

Одним из фундаментальных понятий, введенных Л.Заде, является понятие лингвистической переменной.

Определение: *лингвистическая переменная* (ЛП) представляет собой следующую пятерку $\langle \chi, T(\chi), X, G, M \rangle$, где χ - имя переменной, $T(\chi)$ - терм-множество, задающее множество значений ЛП, являющихся языковыми выражениями (синтагмами), X - универсум, G - синтаксическое правило, используя которое мы можем формировать синтагмы $A, B, \ldots \in T(\chi)$, M - семантическое правило, используя которое каждой синтагме $A \in T(\chi)$ приписывается ее значение, являющееся нечетким множеством в универсуме X.

Примером ЛП может служить, например, переменная χ = «возраст». Ее терм-множество может быть следующим:

T (возраст) = {очень молодой, молодой, более или менее молодой, средних лет, старый, очень старый}.

Универсум для данной ЛП есть некоторое множество действительных чисел, например, интервал $[0,100]$. Семантическое правило M приписывает термам из T (возраст) значения, являющиеся различными модификациями нечетких множеств.

Нечеткое правило

Нечеткая импликация или *нечеткое правило* (Fuzzy implication or a fuzzy rule) представляет собой следующее выражение:

$$\text{ЕСЛИ } x \text{ есть } A, \text{ ТО } y \text{ есть } B,$$

где A и B - лингвистические переменные, определенные нечеткими множествами на универсумах X и Y соответственно. В символьной форме мы будем писать как: $R = A \to B$.

Часть «ЕСЛИ» (x есть A) называется антецедентом (the *antecedent*) или посылкой. Часть «ТО» (y есть B) называется следствием (*consequence*) или заключением

Определение: *Нечеткая импликация* (**Fuzzy implication**)

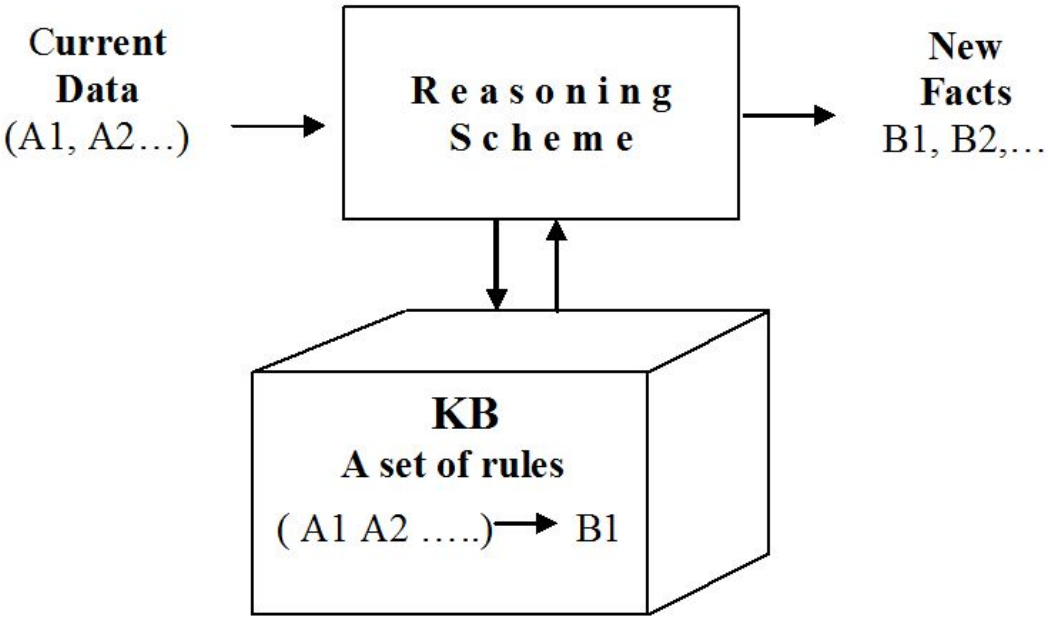
Значение истинности нечеткой импликации $A \to B$ определяется следующим образом:

$$\mu_{A \to B}(x, y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y),$$

где $\wedge$ есть операция нечеткой конъюнкции (fuzzy AND operation) и $\mu_A(x), \mu_B(x)$ - значения истинности нечетких предикатов A, B соответственно.

Интерпретация нечеткой импликации, данная в этом определении, называется импликацией Мамдани (*Mamdani implication*).

Процесс рассуждений



Общая схема процесса рассуждений

В общем случае, процесс рассуждений, или вывод (*inference*), состоит из двух этапов:

(1) сопоставление (*matching*) входных данных (A1,A2,…) с левыми частями правил, содержащихся в Базе Знаний (БЗ) (Knowledge Base), и

(2) вывод (*Inferring*) выходных данных (фактов) (B1, B2,…) с использованием законов вывода.