

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.

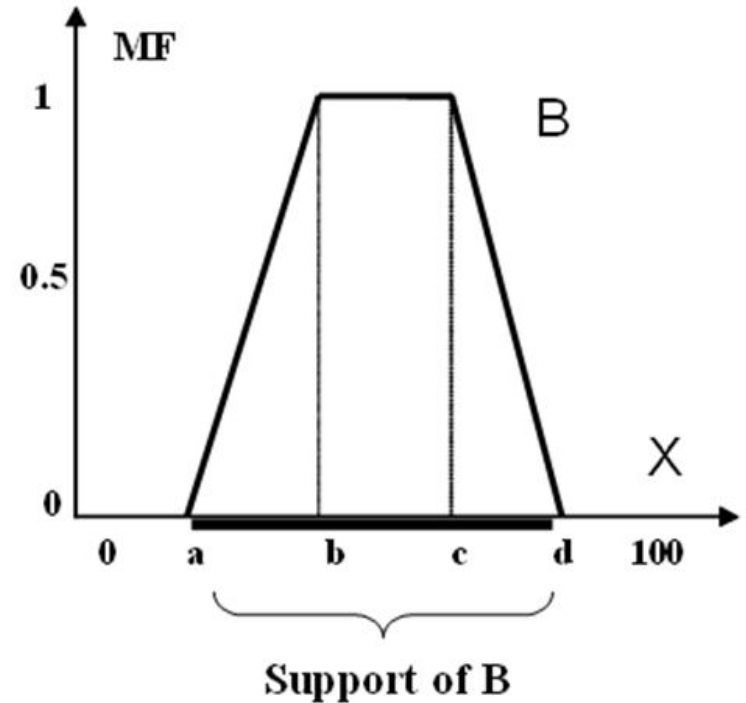
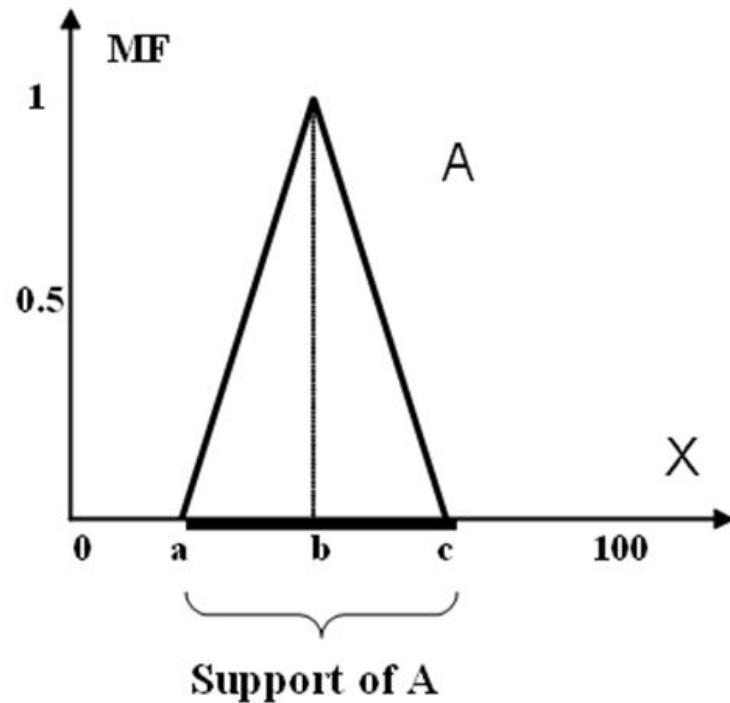
Нечеткая множество

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

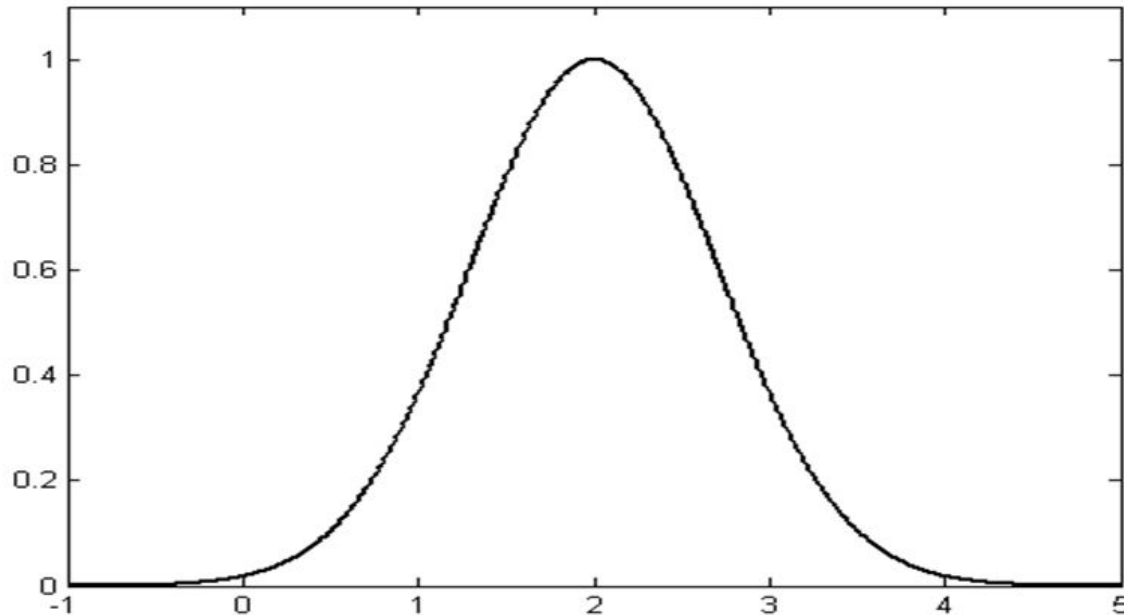
Типы функций принадлежности



Типы функций принадлежности

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

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



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

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

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

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 $C = A \cup B$ или $A \text{ OR } B$ или $A \vee B$) 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)

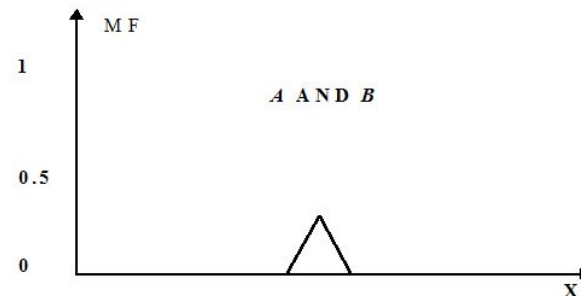
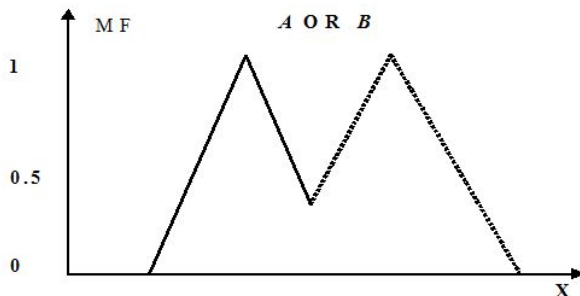
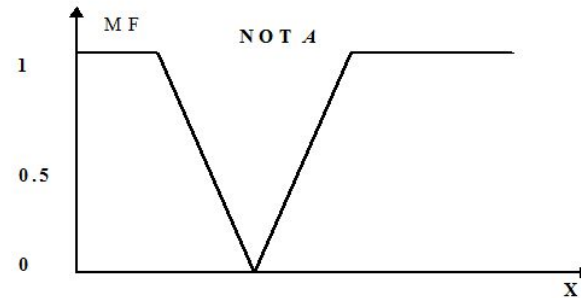
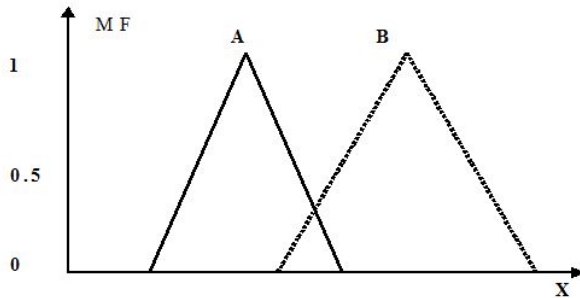
Пересечение двух нечетких множеств A и B (в символьной форме пишется как $C = A \cap B$, или $C = A \text{ AND } B$, или $C = A \wedge B$) есть нечеткое множество C , ФП которого определяется следующим образом:

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

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 $A, B, \dots \in T(\chi)$, 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 $\chi =$ «возраст». Ее терм-множество может быть следующим:

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

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

Нечеткое правило

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

ЕСЛИ x есть A , ТО y есть B ,

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

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)

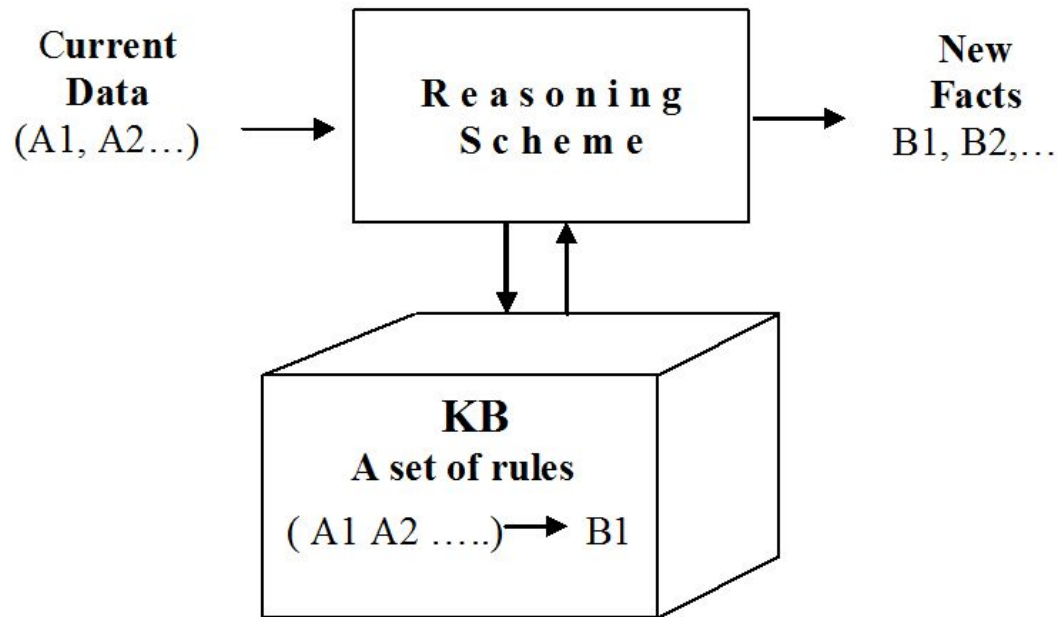
Значение истинности нечеткой импликации $A \rightarrow B$ определяется следующим образом:

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

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.