



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
ОБНИНСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
ОТДЕЛЕНИЕ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

# Методы и системы поддержки принятия решений

## FuzzyCLIPS

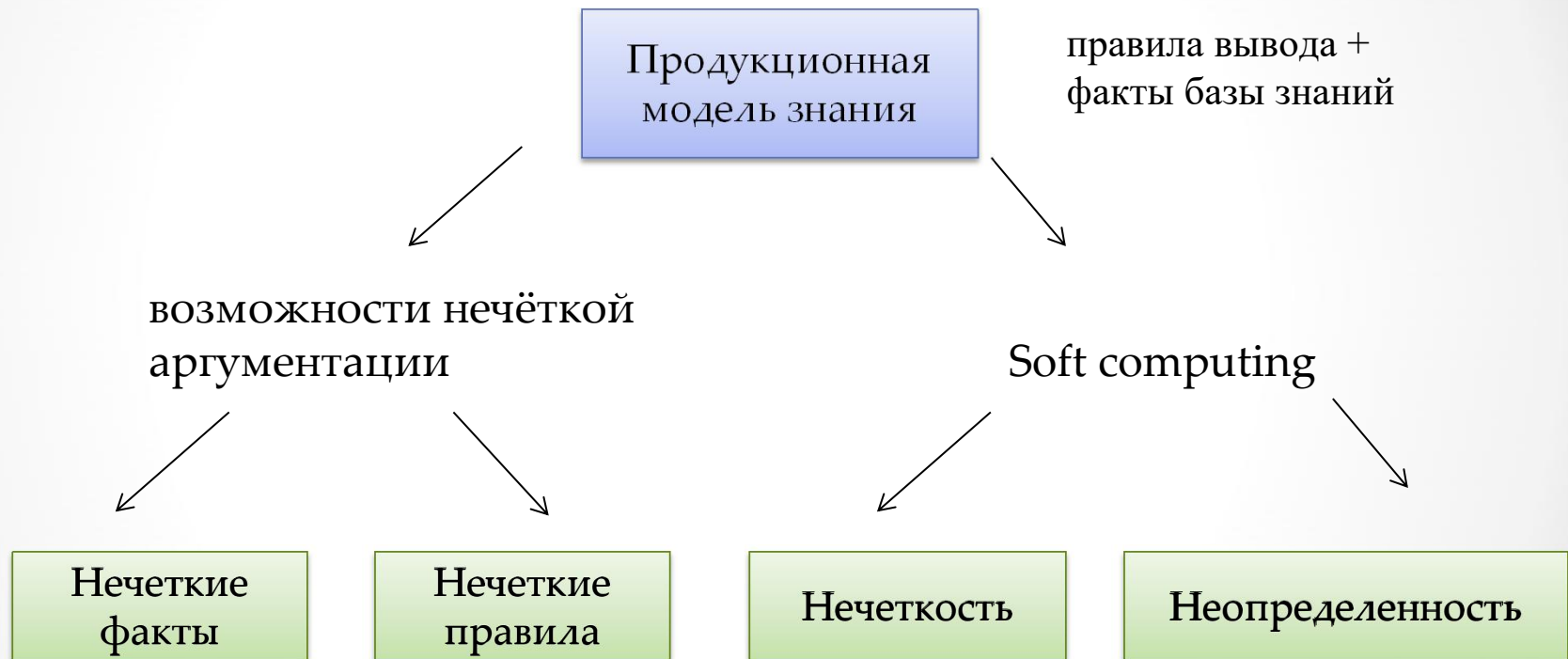
Выполнили Студенты гр. ИС-М16:

Рябов П.В  
Телегин Е.С  
Казорин С.В

Обнинск, 2017

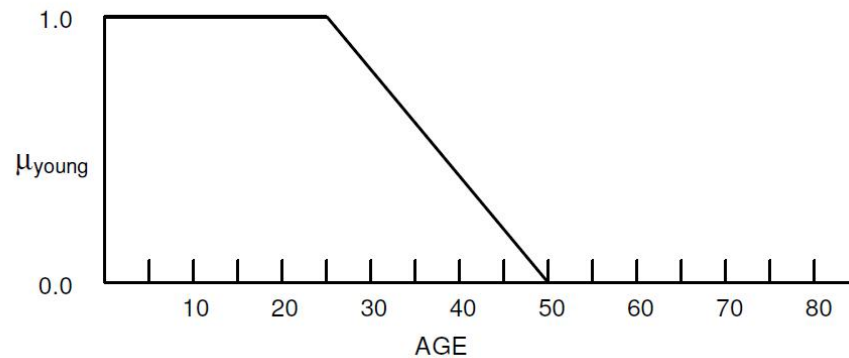
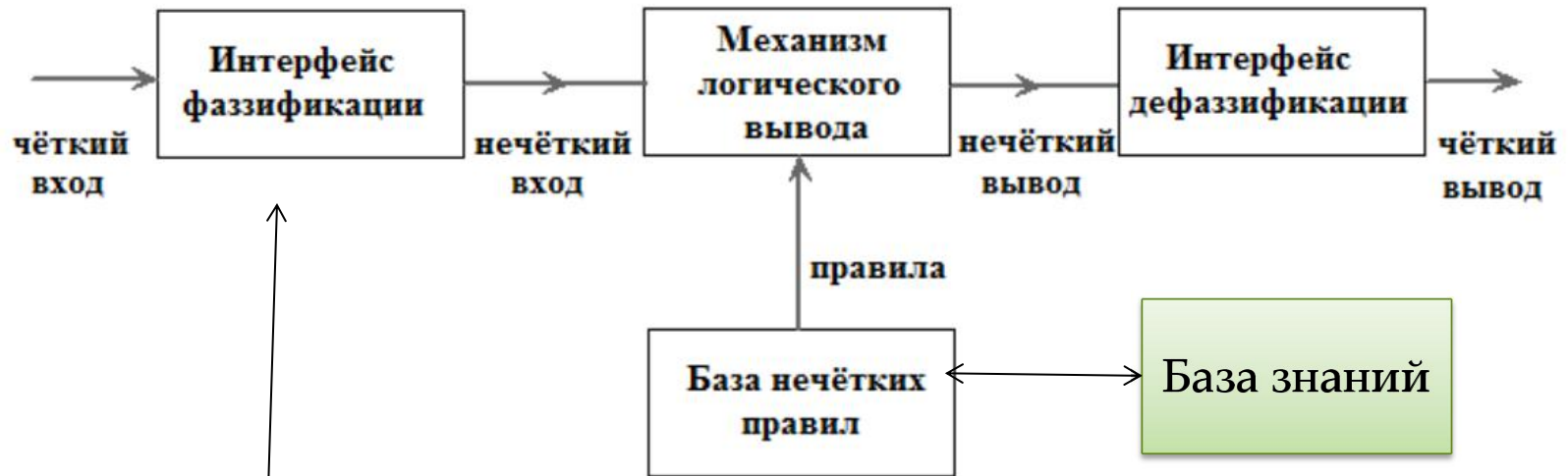
# Введение

**FuzzyCLIPS:** расширение CLIPS (C Language Integrated Production System) оболочки экспертной системы от NASA. (разработано в ИИСК)



Применение: нечеткие микроконтроллеры , эвристические алгоритмы...

# 1. Базовая архитектура нечеткой ЭС в FuzzyCLIPS



## 2. Вывод четкого результата из нечеткого множества

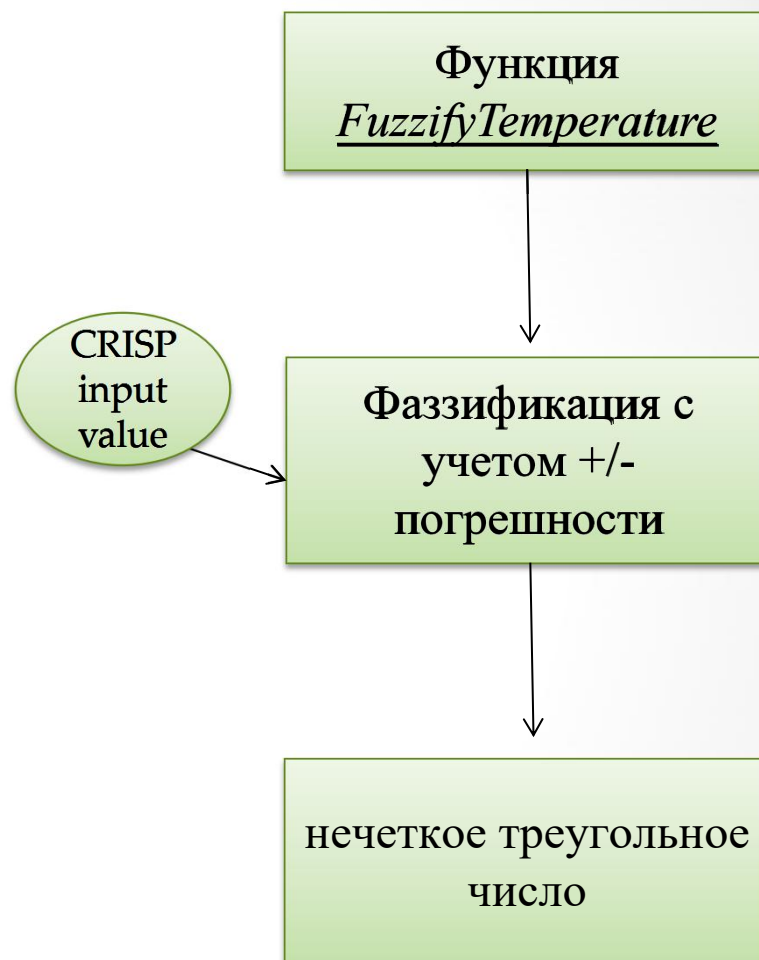
```
(deftemplate Fever
  96 104
  ((fever (99 0) (103 1))))

(defrule getTemperature
  (declare (salience 100))
  =>
  (printout t "Enter temperature: ")
  (bind ?t (read))
  (assert (temperature ?t)))

(defrule FuzzifyTemperature
  (temperature ?t)
  =>
  (bind ?t1 (- ?t 2))
  (bind ?t2 (+ ?t 2))
  (assert (Fever (?t1 0) (?t 1) (?t2 0))))

(defrule GetFlu
  (Fever fever)
  =>
  (assert (flu yes)))

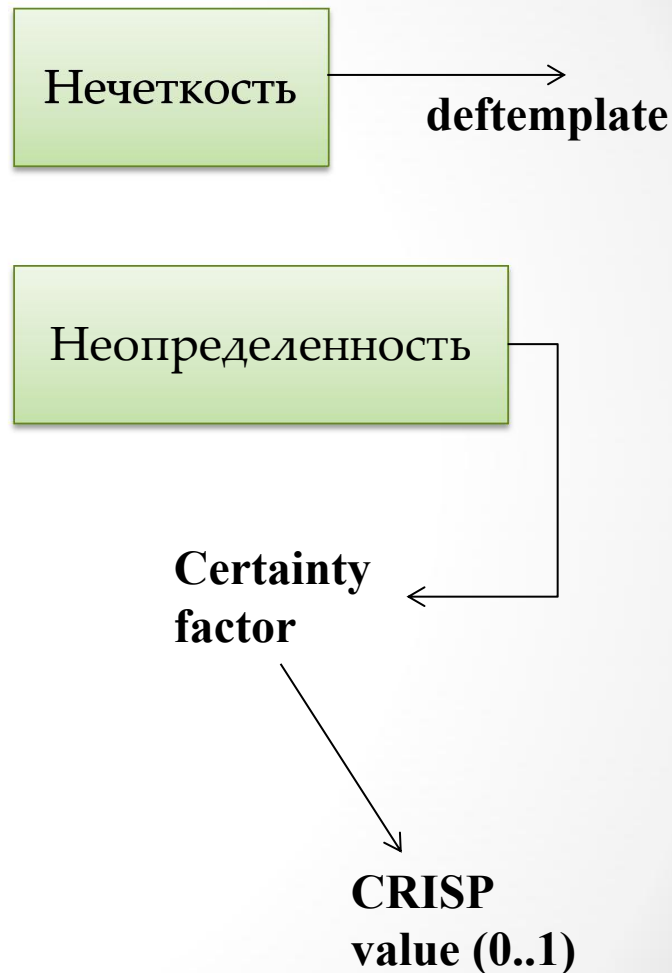
(defrule ShowFlu
  ?f <- (flu yes)
  ?fev <- (Fever ?)
  =>
  (printout t "Confidence in flu: " (get-cf ?f) crlf)
  (plot-fuzzy-value t "+ " nil nil (create-fuzzy-
value Fever fever) ?fev))
```



### 3. Реализация факторов достоверности в FuzzyClips

```
(defrule flight-rule(declare (CF
0.95));
(animal type bird)
=>(assert (animal can fly)))
```

```
(defrule GetFever
  (declare (salience 100))
  =>
  (printout t "Enter confidence that
patient has a fever (0 to 1): ")
  (bind ?cf (read))
  (assert (fever yes) CF ?cf))
```



## 4. Работа с командной оболочкой FuzzyCLIPS

### Определения нечетких переменных

```
(deftemplate age
0 100 ; universe
( (young (0 1) (25 1) (40 0.5) (55 0))
  (middle(0 0) (25 0.5) (40 1.0) (55 0.5) (70 0))
  (old      (0 0) (40 0) (55 0.5) (70 1) (80 1))
)

(deftemplate sfage      0 100 ; universe
( (young (z 30 55))
  (middle(pi 15 40)
  (old      (s 40 70))
)

(deftemplate person    (slot name)(slot age (type
FUZZY-VALUE age))
)

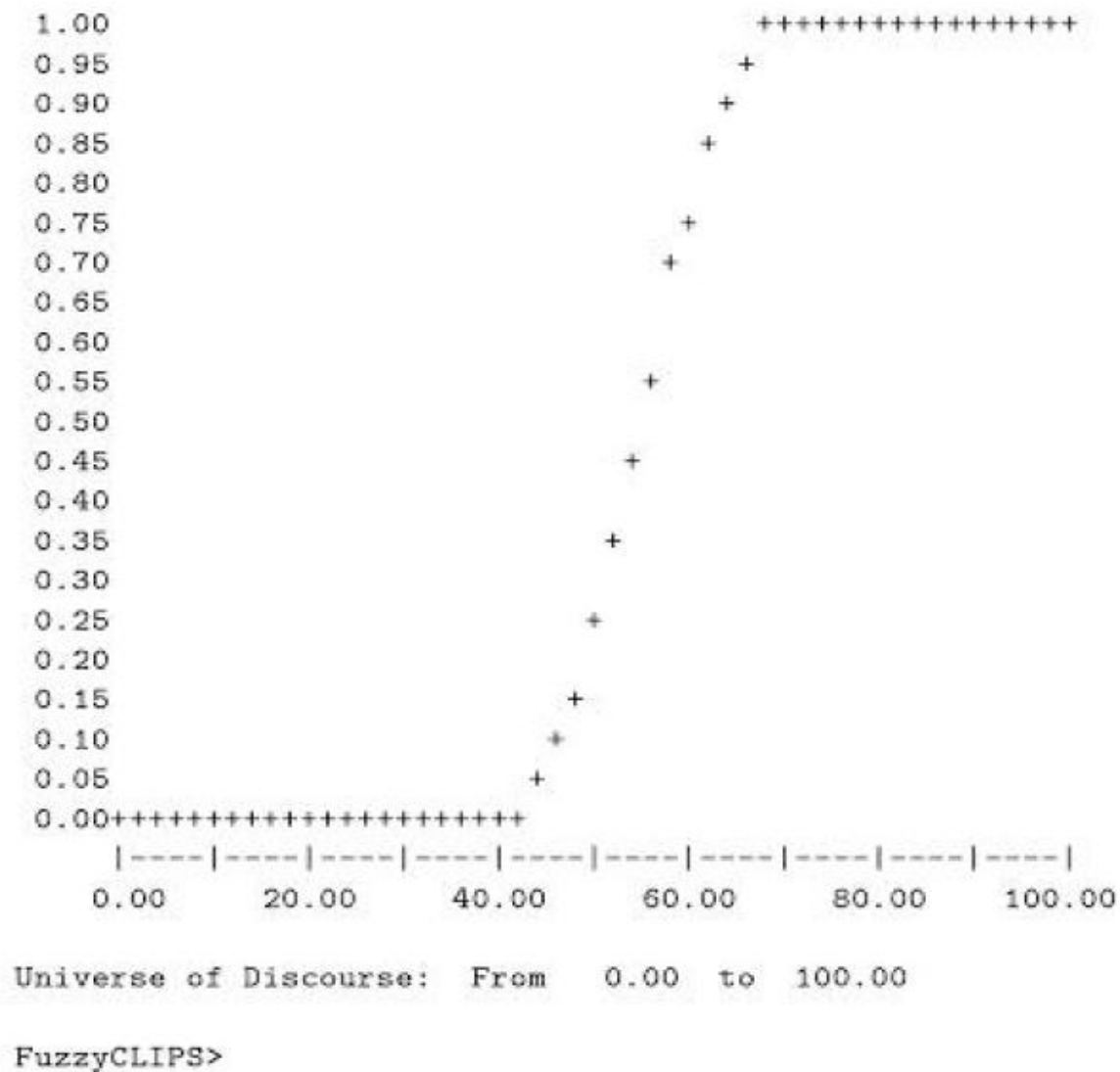
(deffacts startup
  (person (name bob) (age middle))
    (person (name katie) (age young))
)
```

### Запросы к базе знаний



```
FuzzyCLIPS> (get -u age)
0.00 - 100.00
FuzzyCLIPS> (get-fuzzy-
inference-type)
max-min
FuzzyCLIPS> (plot-fuzzy-
value t + nil nil (create-
fuzzy-value age middle))
)
```

# Результат вывода



## 5. Предопределенные модификаторы в FuzzyCLIPS

<u>Modifier Name</u>	<u>Modifier Description</u>
not	$1-y$
very	$y^{**2}$
somewhat	$y^{**0.333}$
more-or-less	$y^{**0.5}$
extremely	$y^{**3}$
above	(see [12])
below	(see [12])
intensify2	$(y^{**2})$ if $y$ in $[0, 0.5]$ $1 - 2(1-y)^{**2}$ if $y$ in $(0.5, 1]$
plus	$y^{**1.25}$
norm	normalizes the fuzzy set so that the maximum value of the set is scaled to be 1.0 ( $y = y * 1.0 / \text{max-value}$ )
slightly	intensify ( norm (plus A AND not very A))



## 6. Работа с модификаторами в коде

```
(deftemplate Fever
  98.6 104
  ((fever (S 98.6 103))
   (very_mild_fever somewhat fever)
   (mild_fever more-or-less fever)
   (high_fever very fever)
   (very_high_fever extremely fever)
   (not_fever not fever)))

(defrule GetValue
  (declare (salience 100))
  =>
  (printout t "Enter one of the following:" crlf)
  (printout t "fever, mild_fever, very_mild_fever,
high_fever, very_high_fever, or not_fever? ")
  (bind ?m (read))
  (assert-string (format nil "(Fever %s)" ?m)))
```

**; Правило построение графика**

**; Нечеткое множество выбирает пользователь**

```
(defrule ShowLevel
  ?f <- (Fever ?l)
  =>
  (plot-fuzzy-value t "*" nil nil ?f))
```

## 7. Нечеткие переменные в FuzzyClips

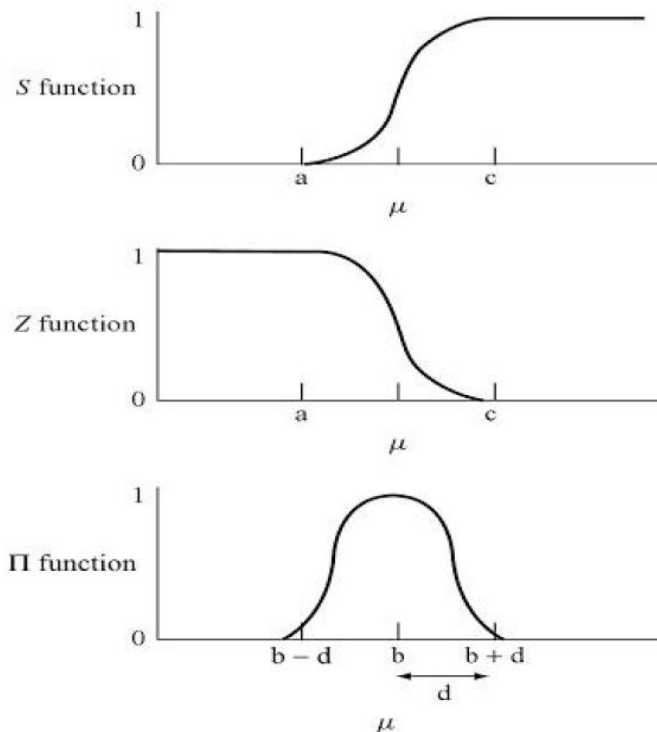
В FuzzyClips все нечеткие переменные должны быть определены до использования конструктора `deftemplate`. Расширенный синтаксис приведен ниже:

```
(deftemplate <name> ["<Comments>"]  
<from> <to> [<unit>] ; Предметная область  
(  
  t1  
  .  
  . ; Список первичных термов  
  .  
  tn  
)  
)
```

где `<name>` - идентификатор, который используется для нечеткой переменной. `<from>` и `<to>` - числа с плавающей запятой, а первичный терм `ti` ( $i = 1..n$ ) имеет следующий вид: (`<rname>` `<описание нечеткого множества>`). Параметр `rname` определяет имя нечеткого множества а `описание` - соответствующую функцию принадлежности.

## 8. Функции принадлежности в FuzzyClips

FuzzyClips предоставляет несколько встроенных функций принадлежности, которые могут применяться при решении различных задач. А именно, S- Функция, Z- Функция и  $\Pi$ -Функция.



# 9. Способы представления функций принадлежности в FuzzyClips

Функция принадлежности в библиотеке FuzzyClips может представляться 3 разными способами:

- Представление в виде синглтона
- Представление в виде стандартной функции
- Представление в виде языковых выражений

# 10. Представление в виде синглтона

Степень принадлежности  $m_A(x)$  в нечетком множестве  $A$  является положительным числом, а пара  $(m_A(x), x)$  называется синглтоном (часто эти пары представлены  $m_A(x)/x$  или  $m(x)/x$  для краткости). Нечеткое множество  $A$  в универсуме дискурса  $U$  можно описать следующим образом:

$$A = \int_{x \in U} m_A(x) / x$$

где интегральный символ обозначает объединение синглтонов.

Нечеткое множество представлено упорядоченным множеством точек, соединенных сегментами прямой линии. Степень принадлежности значения  $x$ , не указанного в списке синглтонов, будет рассчитываться на основе интерполяции по следующей формуле (для точек, которые не имеют нескольких значений принадлежности, в этих случаях значение принадлежности определяется как максимальное для всех значений при одном и том же значении  $x$ ):

$$\begin{aligned} m(x) &= m(x_1), & x \in x_1 \\ m(x) &= m(x_i) + \frac{m(x_{i+1}) - m(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i), & x_i < x \in x_{i+1} \\ m(x) &= m(x_n), & x_n < x \end{aligned}$$

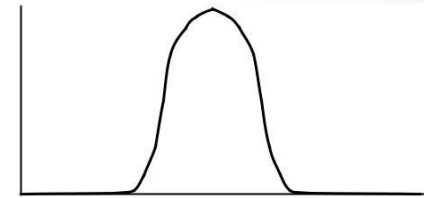
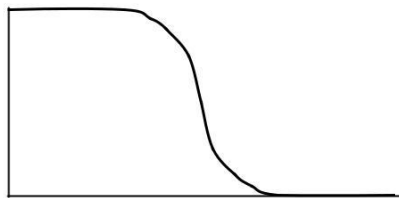
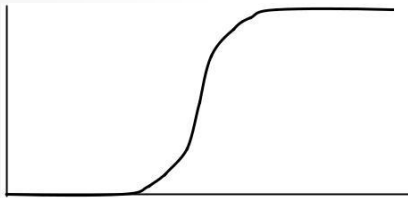
# 11. Представление в виде стандартной функции

Часто функцию принадлежности описывают, используя один из наборов стандартных функций  $S$ ,  $P$ , или  $Z$ .

Стандартное представление функции принадлежности имеет следующий формат :

$\langle \text{standard} \rangle ::= (S \ a \ c) \mid (s \ a \ c) \mid (Z \ a \ c) \mid (z \ a \ c) \mid (PI \ d \ b) \mid (pi \ d \ b)$

где :  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  числа, представляющие параметры соответствующих функций.



## 12. Представление в виде лингвистических выражений

```
(deftemplate temperature
  0 100 C
  ( (cold (z 10 26))
    ;standard set representation
    (hot (s 37 60))
    ;standard set representation
    (warm not [ hot or cold ]) ; linguistic expression
  )
)
```

Термин «теплый» описывается как не горячий или не холодный. В нем используются термины «горячий» и «холодный», которые ранее были определены в этой модели.

## 13. Команды и функции FuzzyCLIPS

1. Доступ к области всех значений предметной области (get-u, get-u-from, get-u-to, get-u-units)
2. Доступ к нечеткому множеству (get-fs, get-fs-x, get-fs-y, get-fs-length, get-fs-lv, get-fs-value)
3. Доступ к коэффициенту достоверности (get-cf)



4. Включение и отключение вычислений фактора достоверности в правилах(*enable-cf-rule-calculation, disable-cf-rule-calculation*)
5. Доступ к пороговому коэффициенту достоверности(*set-threshold, get-threshold*)
6. Настройка поведения оценки правила CF(*set-CF-evaluation, get-CF-evaluation*)

7. Контроль точности отображения нечетких множеств(set-fuzzy-display-precision, get-fuzzy-display-precision)
8. Управление методом нечетких выводов(set-fuzzy-inference-type, get-fuzzy-inference-type)
9. Установка порога соответствия нечеткого шаблона(set-alpha-value, get-alpha-value)

10. Функция предиката нечетких значений(fuzzyvaluep)
11. Создание и работа с FUZZY-VALUE(create-fuzzy-value,  
fuzzy-union, fuzzy-intersection, fuzzy-modify)
12. Доступ к нечеткому слоту в факте(get-fuzzy-slot)

13. Отображение нечеткого значения в функции форматирования(%F)
14. Построение нечеткого значения(plot-fuzzy-value)
15. Управление результатом дезактивизации(is-defuzzify-value-valid)

# Заключение

## FuzzyCLIPS - ЭТО

- Полезная среда для разработки приложений использующих нечёткую логику в системах принятия решений.
- Перспективная библиотека для интеллектуального анализа данных
- Важный ресурс потенциальной автоматизации рутинных задач общества

**Спасибо за внимание!**