

Нечеткие множества

- Нечеткие числа
- Функция от нечеткого аргумента
- Нечеткие показатели эффективности
- Нечеткие модели принятия решений
- А.П. Ротштейн. «Интеллектуальные технологии идентификации».
<http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book5/index.php>

Нечеткие числа

- Взрослый человек. Почти взрослый. Точно взрослый
- Высокий человек
- Быстрая передача данных
- Дорогая квартира (высокая стоимость)
- Высокая скорость
- Надежный узел
- Теплая / холодная / жаркая погода
- Величина много больше, параметр значительно хуже

- В задачах, где нет четкого определения / ответа
- В задачах управления слабоструктурированными системами
- В задачах построения АСУТП

Нечеткие числа

- Лотфи Заде (теория нечетких множеств, теория нечеткой логики, теория мягких вычислений)
- Нечеткое множество - собрание элементов, которые могут принадлежать этому множеству со степенью от 0 до 1. Причем 0 обозначает абсолютную непринадлежность, а 1 - абсолютную принадлежность множеству.

Нечеткие числа

- Функция принадлежности – субъективная мера принадлежности элемента x нечеткому множеству A .

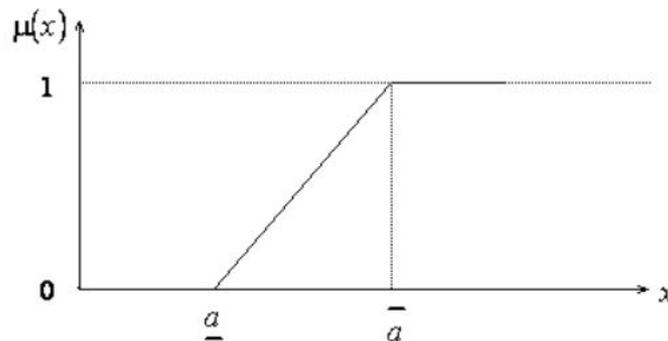


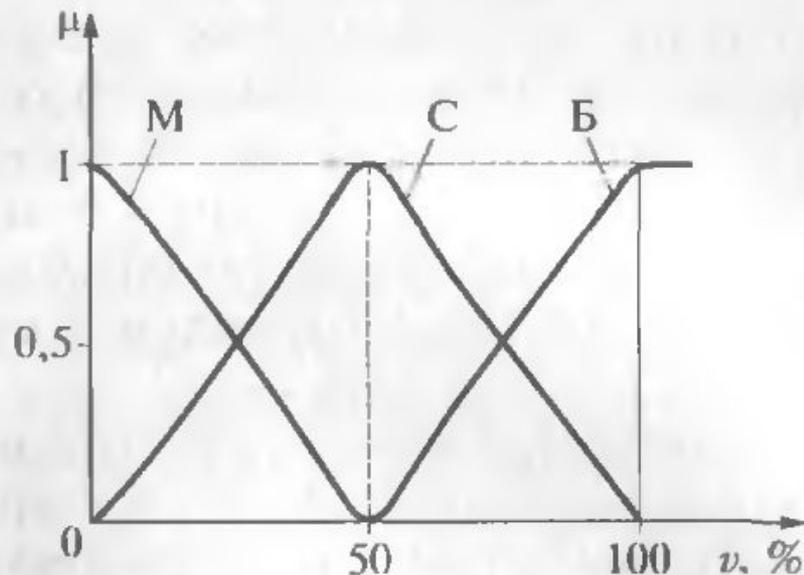
Рис. 1.1. Функция принадлежности нечеткого множества

Нечеткие числа

- Функция принадлежности – субъективная мера принадлежности элемента x нечеткому множеству A .



Нечеткие числа

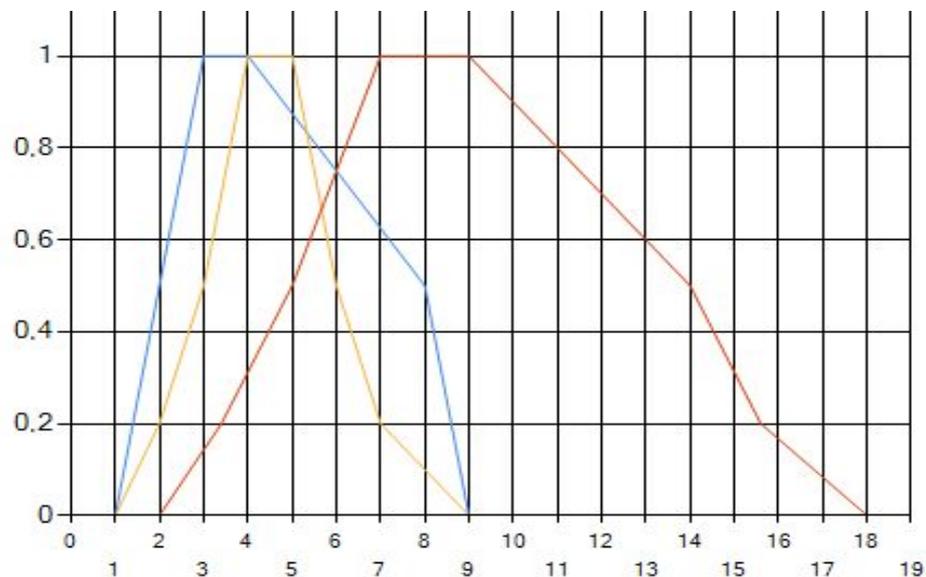


Функции принадлежности лингвистической переменной СКО-
РОСТЬ:

М – МАЛАЯ; С – СРЕДНЯЯ; Б – БОЛЬШАЯ

Нечеткие числа

- Альфа-срезы (α -уровни)
- Выпуклая функция принадлежности (трапециевидная, треугольная)



Нечеткие числа

- ! Треугольная и трапециевидная формы – частные случаи

Функция принадлежности в виде α -срезов - аппроксимация

- «Части» левой и правой сторон трапеции не обязательно симметричны
- 0 и 1 альфа-срезы задаются всегда

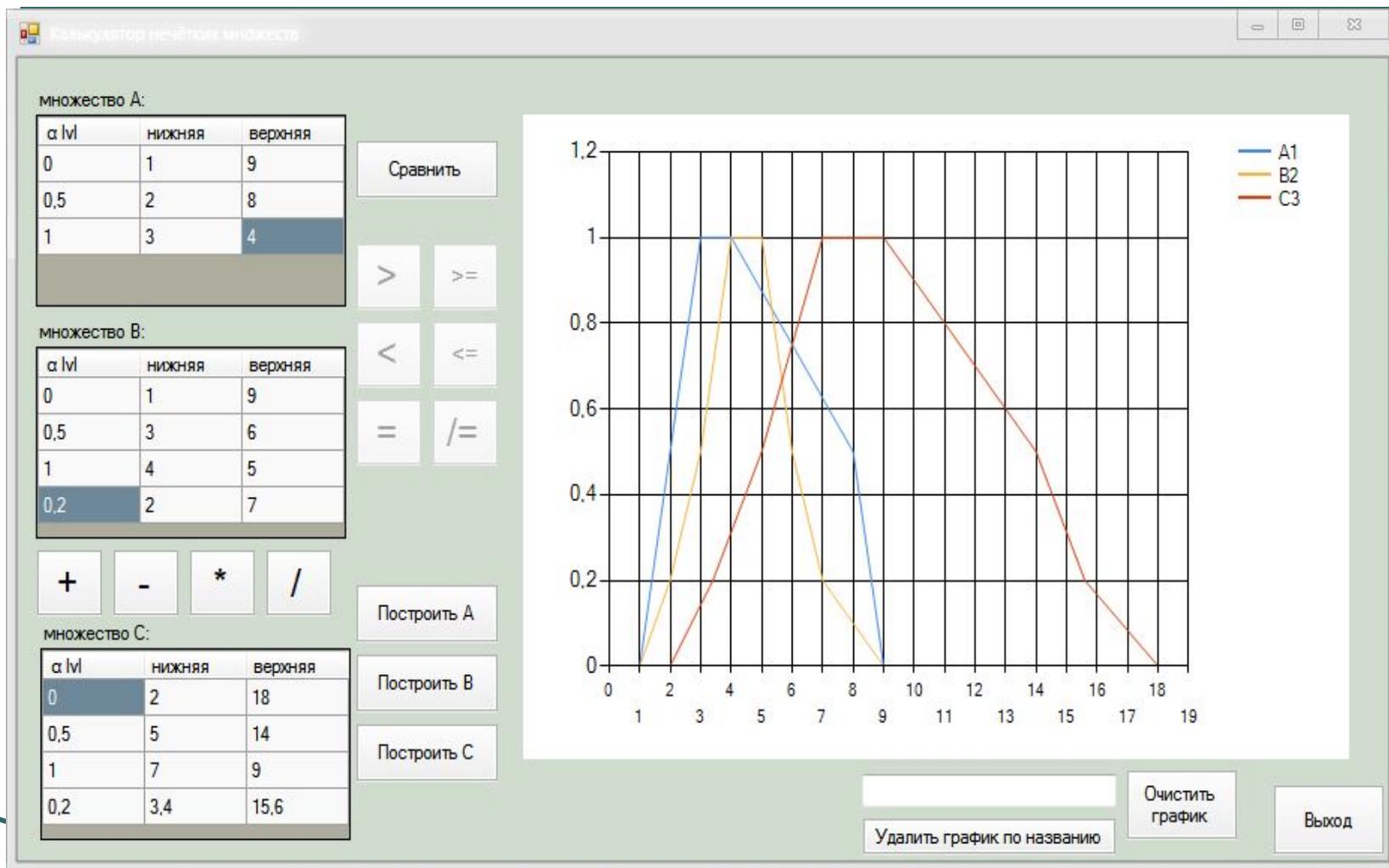
Нечеткие числа

• Сложение нечетких чисел

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A} + \tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i} + -b_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} + \bar{b}_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0 + -b_0, \bar{a}_0 + \bar{b}_0] \cup [-a_{0.2} + -b_{0.2}, \bar{a}_{0.2} + \bar{b}_{0.2}] \\ &\cup [-a_{0.5} + -b_{0.5}, \bar{a}_{0.5} + \bar{b}_{0.5}] \cup [-a_1 + -b_1, \bar{a}_1 + \bar{b}_1]\end{aligned}$$

складываются значения верхней границы одного множества со значениями верхней границы другого множества для каждого α -среза, аналогично для нижних границ.

Нечеткие числа



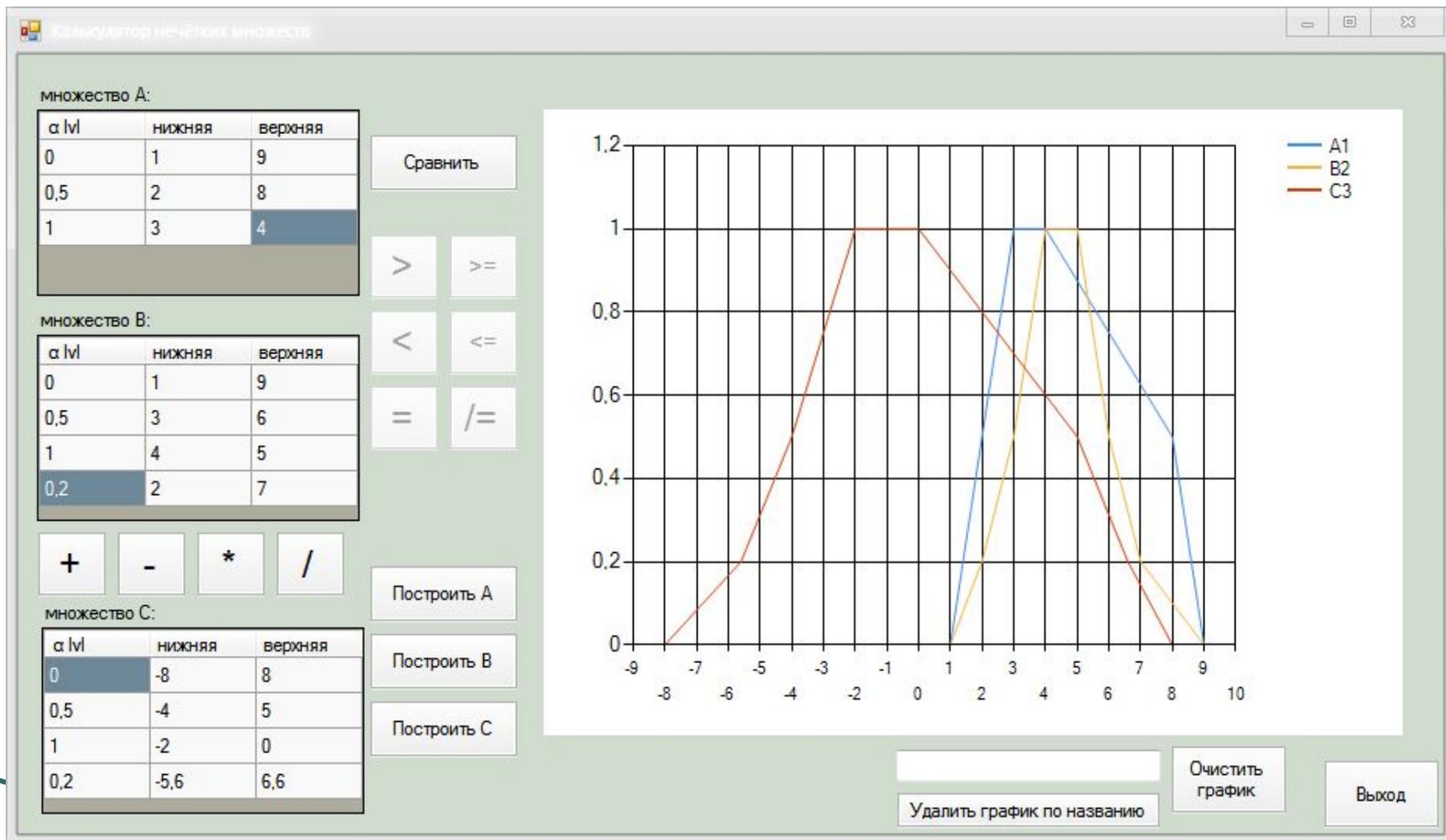
Нечеткие числа

- Операция вычитания / разность двух нечетких чисел

$$\tilde{C} = \tilde{A} - \tilde{B} = \bigcup_{\alpha_i} [a_{\alpha_i} - b_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} - \bar{b}_{\alpha_i}] = [a_0 - b_0, \bar{a}_0 - \bar{b}_0] \cup [a_{0.2} - b_{0.2}, \bar{a}_{0.2} - \bar{b}_{0.2}] \\ \cup [a_{0.5} - b_{0.5}, \bar{a}_{0.5} - \bar{b}_{0.5}] \cup [a_1 - b_1, \bar{a}_1 - \bar{b}_1]$$

из значения верхней границы одного множества вычитается значение нижней границы другого множества и наоборот.

Нечеткие числа



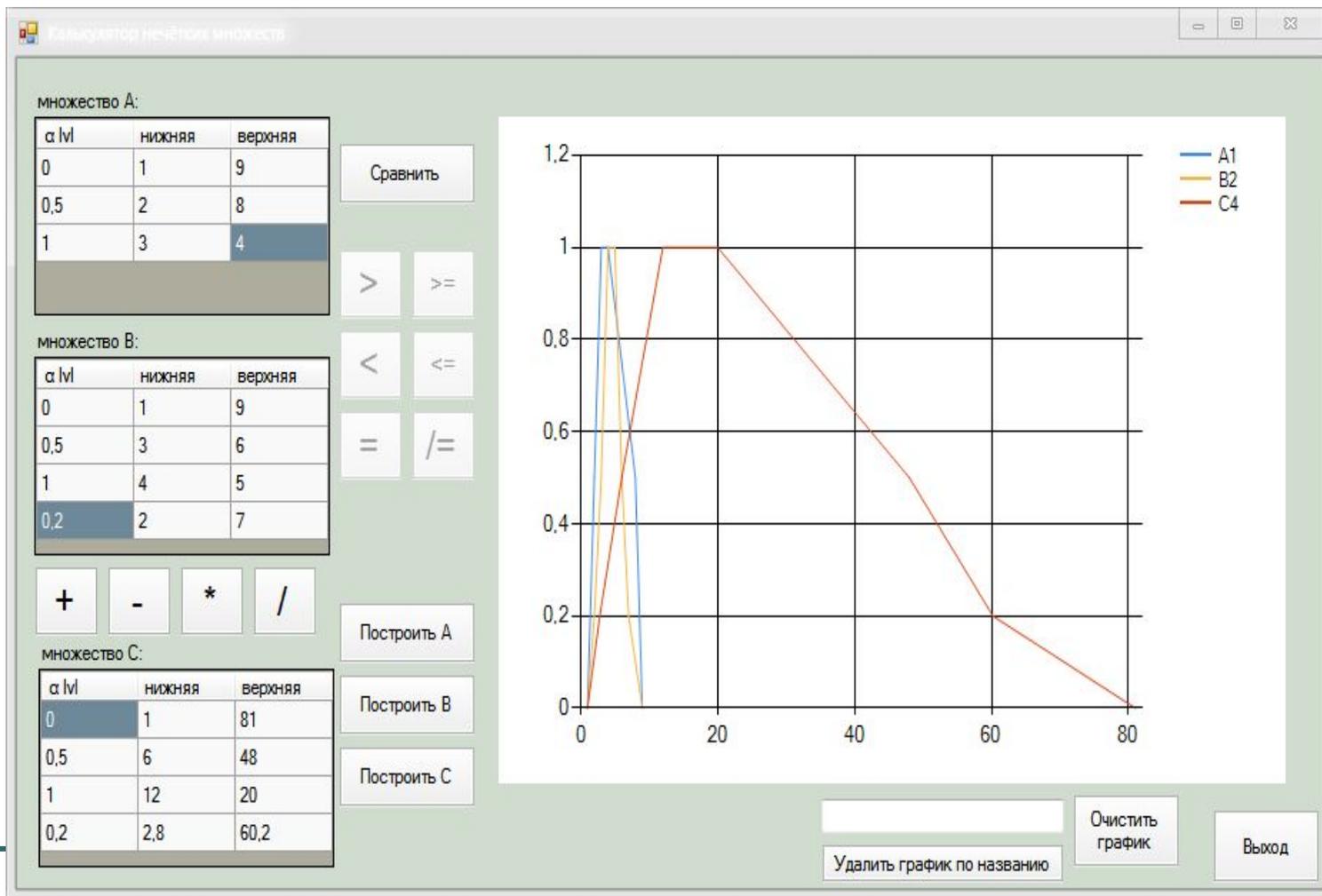
Нечеткие числа

• Умножение

- перемножаются значения верхней границы одного множества со значениями верхней границы другого множества, аналогично для нижних границ

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A} * \tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i} * -b_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} * \bar{b}_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0 * -b_0, \bar{a}_0 * \bar{b}_0] \cup [-a_{0.2} * -b_{0.2}, \bar{a}_{0.2} * \bar{b}_{0.2}] \cup [-a_{0.5} * -b_{0.5}, \bar{a}_{0.5} * \bar{b}_{0.5}] \\ &\cup [-a_1 * -b_1, \bar{a}_1 * \bar{b}_1]\end{aligned}$$

Нечеткие числа



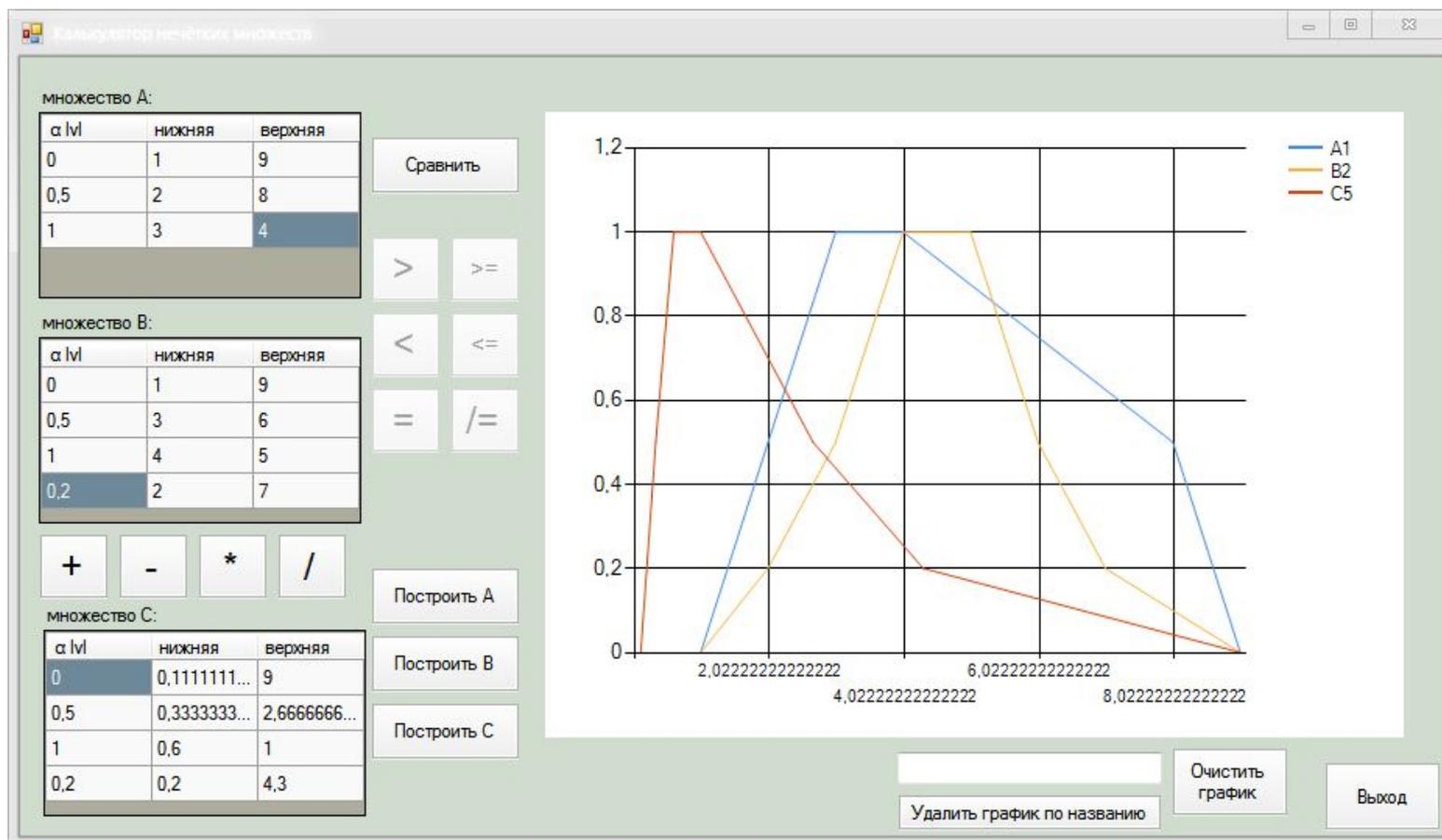
Нечеткие числа

• Деление

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A}/\tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i}/\bar{b}_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i}/-b_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0/\bar{b}_0, \bar{a}_0/-b_0] \cup [-a_{0.2}/\bar{b}_{0.2}, \bar{a}_{0.2}/-b_{0.2}] \cup [-a_{0.5}/\bar{b}_{0.5}, \bar{a}_{0.5}/-b_{0.5}] \\ &\cup [-a_1/\bar{b}_1, \bar{a}_1/-b_1]\end{aligned}$$

значение верхней границы каждого среза одного множества делится на значение нижней границы другого множества и наоборот

Нечеткие числа



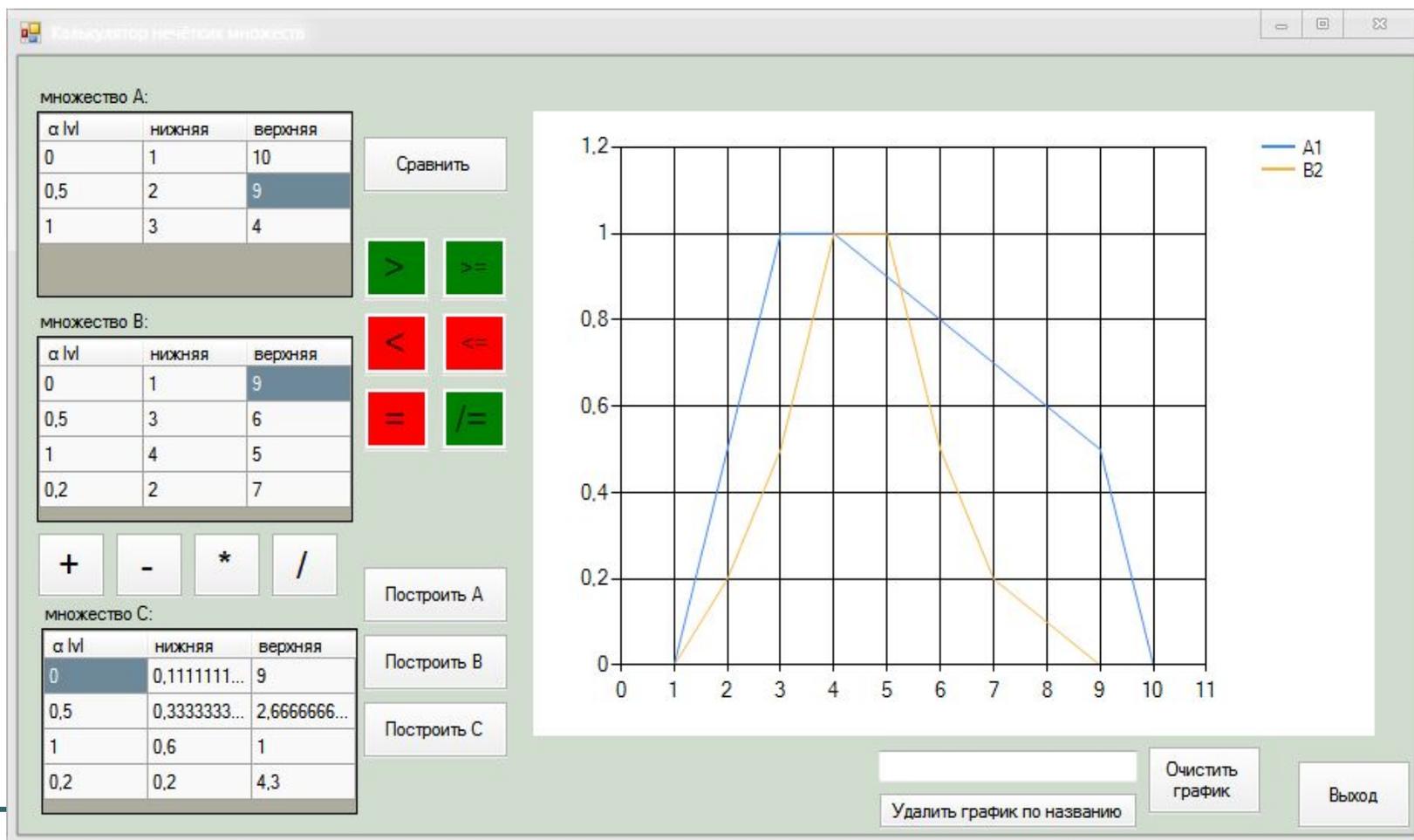
Нечеткие числа

- Сравнение нечетких чисел

$$\tilde{A}R\tilde{B} = \frac{1}{K_a} \sum_{\alpha_i} \left(\underline{a}_{\alpha_i} + \overline{a}_{\alpha_i} \right) R \frac{1}{K_b} \sum_{\alpha_j} \left(\underline{b}_{\alpha_j} + \overline{b}_{\alpha_j} \right)$$

K_a, K_b – количество α -срезов у каждого из чисел (могут быть не равны)

Нечеткие числа



Нечеткие числа

Если у двух чисел разное количество α -срезов или они заданы для разных значений α -срезов, то для выполнения арифметических операций нужно найти дополнительные значения (для включения в формулу одинаковых α -срезов). Используется уравнение прямой, проходящей через две точки.

Нечеткие числа

При работе с трапециевидными или треугольными числами обязательно проверяется вложенность интервалов (значений нижних и верхних границ для α -срезов) = выпуклость формы.

Нечеткие числа

- Пример в АСУТП
- Синтез нечеткого регулятора положения
- Цель – оптимизация режима позиционирования электропривода следящего

Нечеткие числа

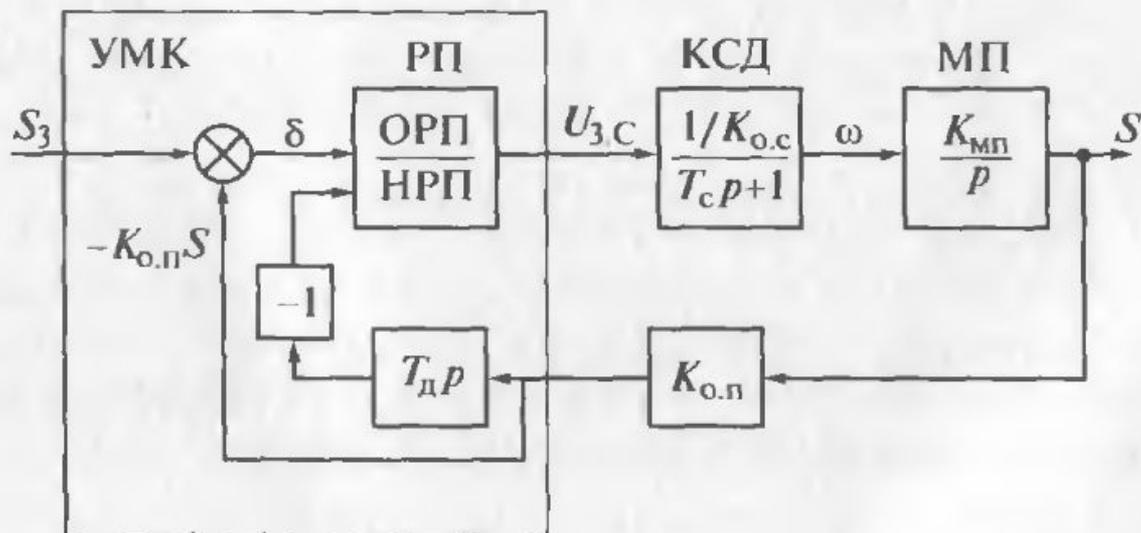


Рис. 4.5. Структурная схема следящего электропривода с нечетким регулятором положения:

УМК — управляющий микроконтроллер; РП — регулятор положения в составе основного регулятора (ОРП) и нечеткого регулятора (НРП); КСД — контур скорости электродвигателя; МП — механическая передача

Нечеткие числа

Здесь микроконтроллер УМК управляет контуром скорости ω двигателя (КСД) посредством управляющего напряжения $U_{з.с.}$. Контур скорости может быть реализован комплектным электроприводом постоянного или переменного тока. Настройка КСД на модульный оптимум позволяет отобразить его инерционным звеном с постоянной времени T_c , а $K_{о.с.}$ — это коэффициент обратной связи по скорости двигателя в контуре скорости. Двигатель приводит в движение рабочий орган через механическую передачу (МП) с коэффициентом передачи $K_{МП}$.

Сигнал обратной связи по положению S рабочего органа подается на вход следящей системы через датчик обратной связи по положению с коэффициентом передачи $K_{о.п.}$. Данный сигнал используется также для формирования обратной связи по скорости перемещения рабочего органа с помощью дифференцирующего звена с постоянной времени T_d .

Нечеткие числа

Необходимость в нечетком регуляторе возникла потому, что при подходе к заданному положению величина δ измеряется малым количеством дискрет (отсчетов) датчика положения, а каждая дискрета занимает относительно соседней дискреты не вполне определенное положение из-за погрешности шкалы датчика. Деления шкалы устанавливаются с некоторой погрешностью, которая при переходе от дискреты к дискрете изменяется, так как имеет случайный характер.

При большом количестве отсчетов погрешности отдельных дискрет взаимно компенсируются, но при подходе к заданному положению, когда речь идет о значениях δ , равных одной-двум дискретам, погрешность может оказаться значительной, близкой к величине одной дискреты. Распределение погрешностей отсчета положения рабочего органа можно отобразить в виде совокупности нечетких множеств

$$A_\delta = \{\mu_\delta(\delta), \delta\},$$

Нечеткие числа

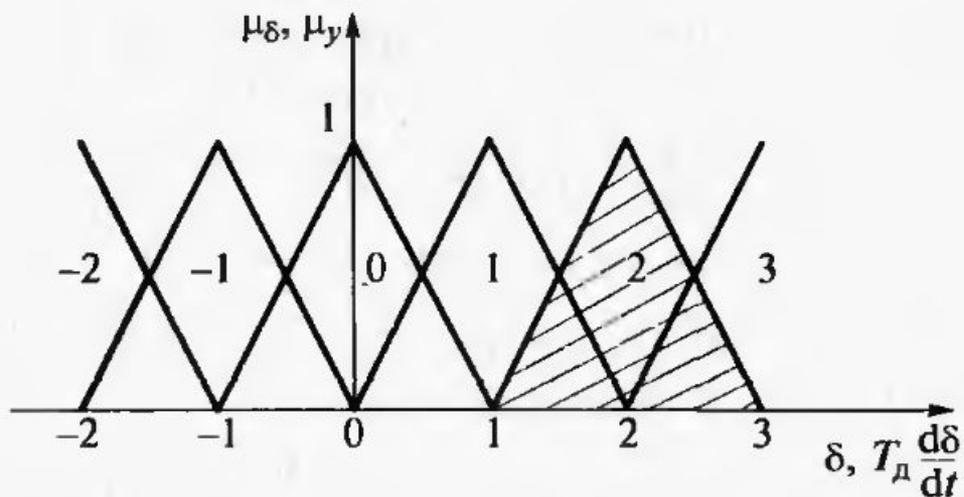


Рис. 4.6. Функции принадлежности дискрет ошибки по положению рабочего органа

Нечеткие числа

- Синтез нечеткого регулятора
- Основы автоматизации технологических процессов и производств : [учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)" направления "Автоматизированные технологии и производства"], стр.108-117