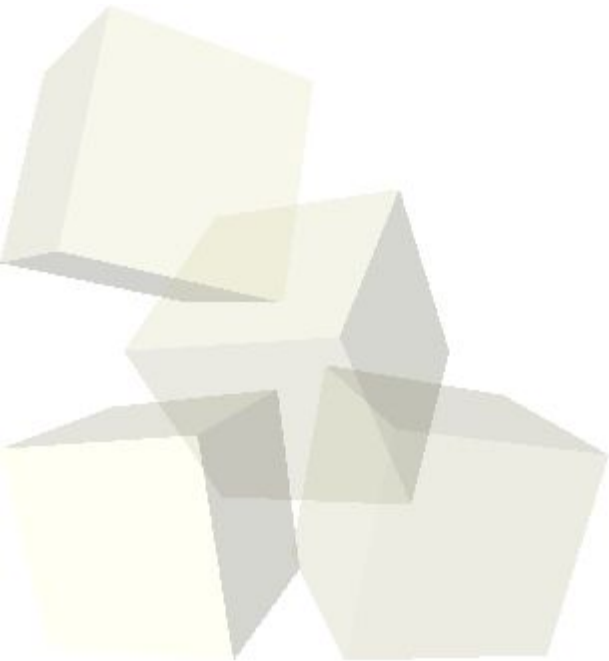




**Курс «Нейронные сети и системы нечеткой логики»**

**Лекция 7**

**Применение систем нечеткой логики**





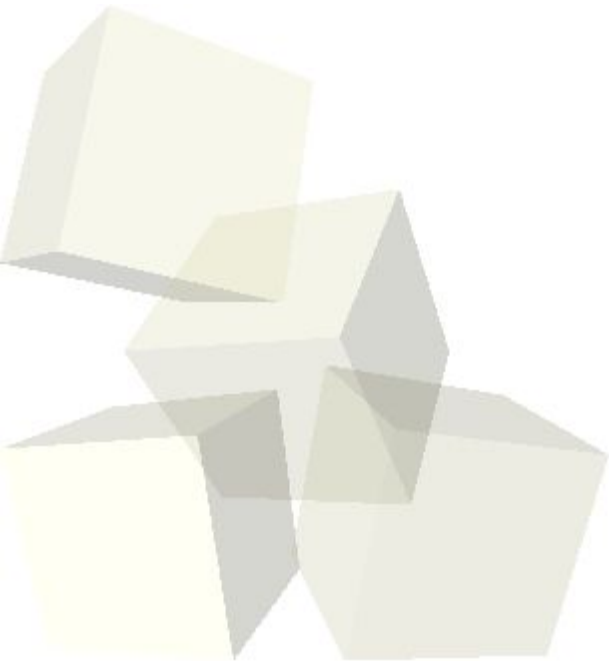
# Идентификация систем

## 1. Идентификация структуры.

Очень сложный и трудоемкий процесс, крайне чувствительный к выбору начальных условий, плохо реализуемый с помощью известных методов автоматического синтеза систем.

## 2. Идентификация параметров.

Осуществляется в виде подбора математической зависимости функции принадлежности к нечеткому множеству или же соотношений внутри нечеткой модели.



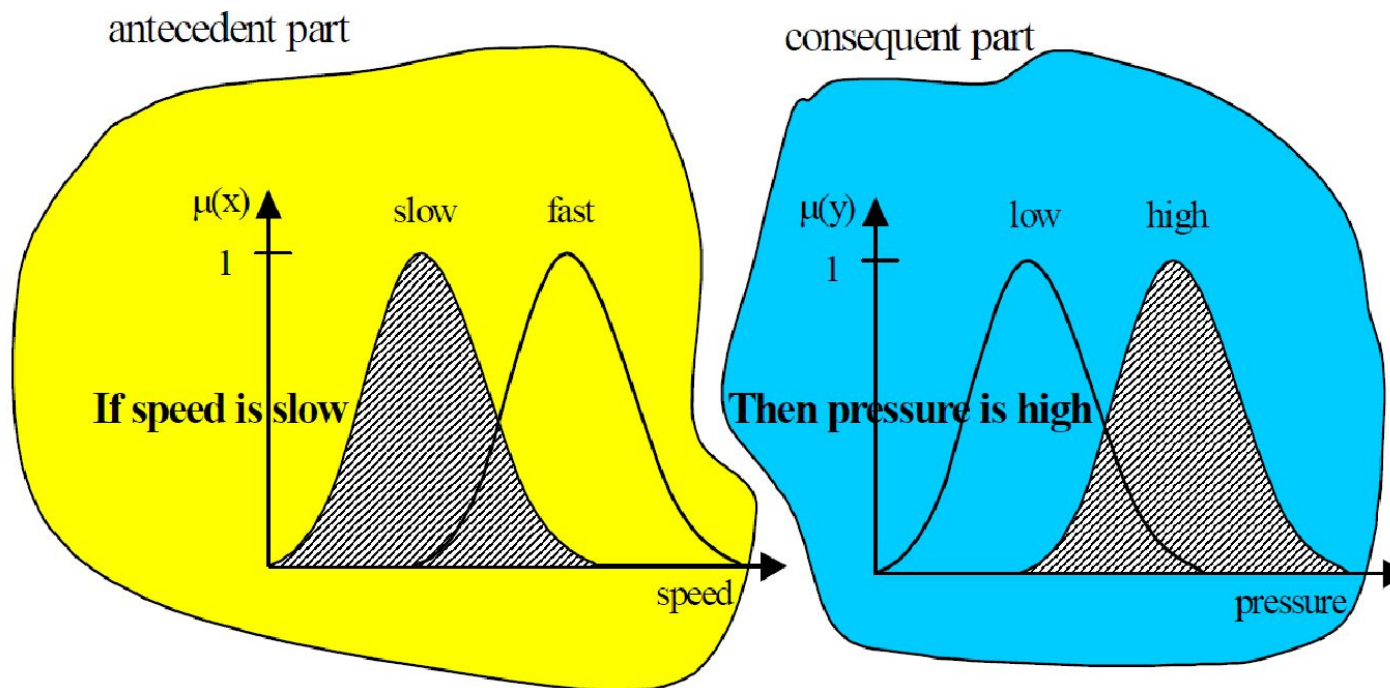


# Идентификация структуры

Традиционный подход:

- а) из большого количества переменных выбрать входную и выходную величины, пользуясь методами эвристики и здравого смысла;
- б) определение соотношения между входным и выходным воздействием в виде правил «если-то».

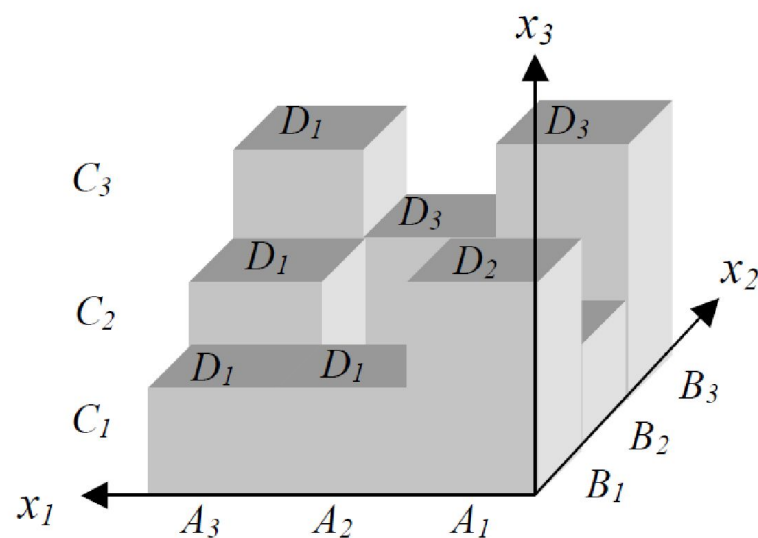
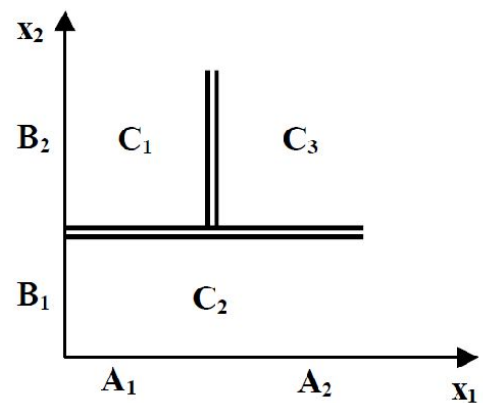
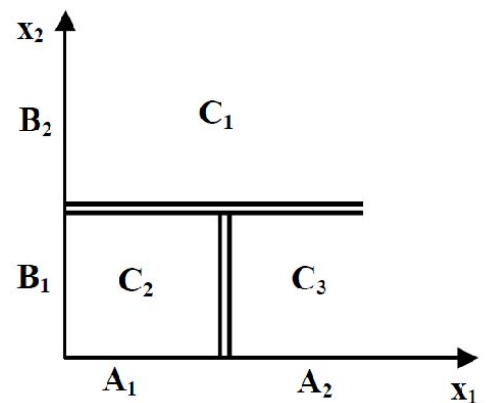
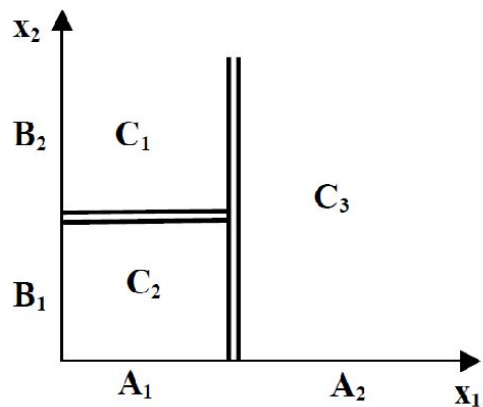
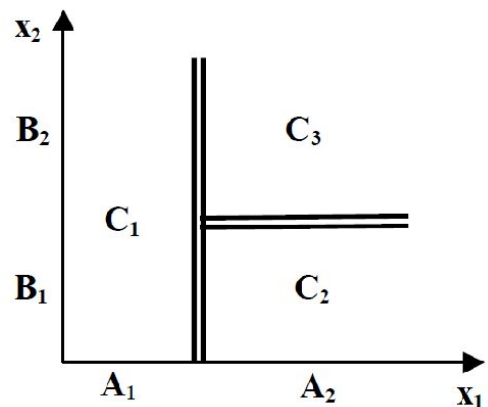
Нечеткая модель уже содержит в себе такие правила, их количество определяет порядок системы.





# Идентификация структуры

При этом термы функций принадлежности фактически разбивают все пространство входных значений на некоторые области, в которых будет активным то или иное нечеткое множество выходной переменной.





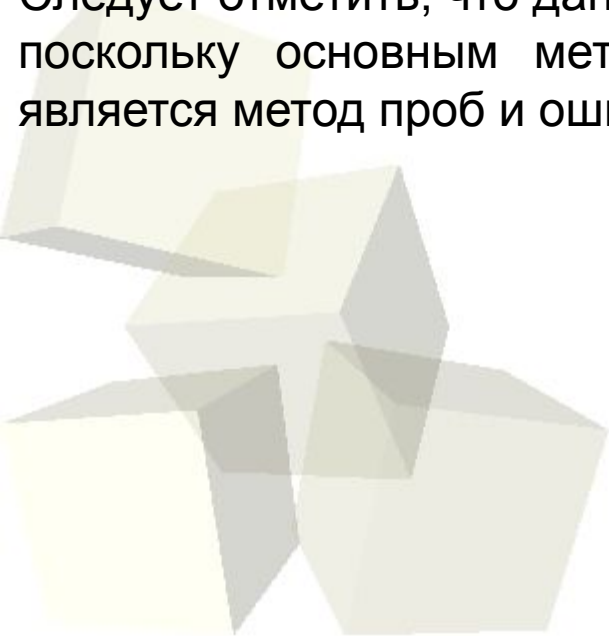
# Идентификация структуры

Таким образом, на первом этапе идентификации структуры с помощью нечеткой логики выполняются следующие действия:

1. Выбор подходящих входных и выходных сигналов;
2. Выбор типа системы нечеткой логики;
3. Определение числа термов функций принадлежности для входных и выходных величин;
4. Создание базы правил.

На втором этапе проводится корректировка полученной модели для достижения желаемого результата.

Следует отметить, что данный метод предполагает многократное повторение второго этапа, поскольку основным методом настройки систем нечеткой логики на данный момент является метод проб и ошибок.





# Идентификация параметров

Классический подход заключается в нахождении неизвестных коэффициентов функции, описывающей поведение системы, например:

$$y(k+1) = a_0x(k) + a_1x(k-1) + a_2x(k-2) + b_0y(k) + b_1y(k-1)$$

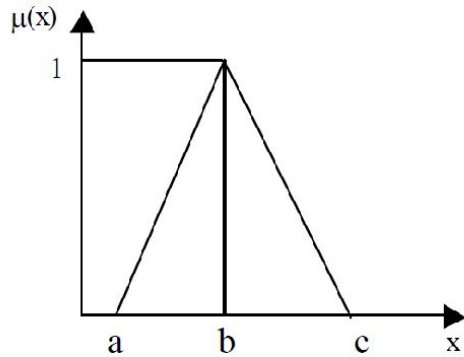
С точки зрения нечеткой логики эти параметры уже заложены в термы функций принадлежности, поэтому задача идентификации параметров сводится к обычной задаче оптимизации с минимизацией некоторого функционала ошибки.

При этом на начальном этапе проводится так называемая «глубокая идентификация», подразумевающая определения физического смысла каждой лингвистической переменной, а также определения функции принадлежности для каждой из этих переменных.

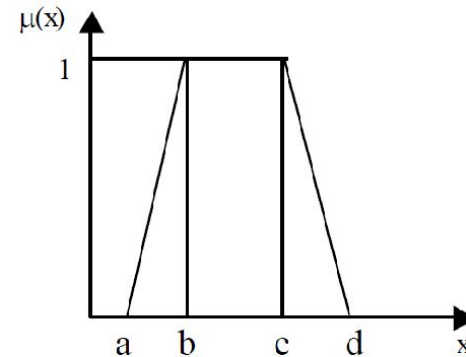
В процессе идентификации можно выделить такие этапы:

1. Выбор подходящего семейства параметризованных функций принадлежности;
2. Методами эвристики на основе экспертных данных определить начальные значения параметров функций принадлежности;
3. Уточнение значений параметров исходя из имеющихся наборов пар входных и выходных данных;

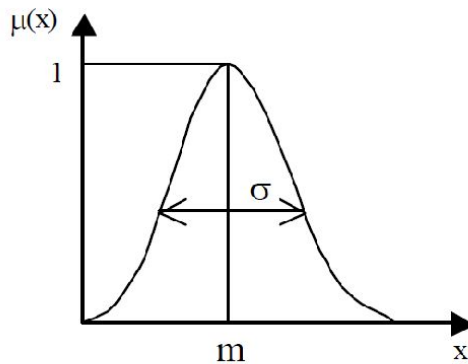
# Параметризация функций принадлежности



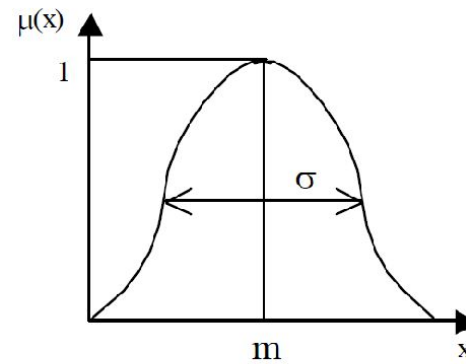
(a) Triangular membership function.



(b) Trapezoidal membership function.



(c) Gaussian membership function.



(d) Bell-shaped membership function

Параметризация функций принадлежности – задание их формы с помощью неизвестных точно переменных, которые определяют их форму.

# Параметризация функций принадлежности

Треугольная:

$$\mu(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$

трапециевидальная.

$$\mu(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

Гауссова

$$\mu(x) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right]$$

Колоколообразная:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-m}{\sigma}\right|^{2a}}$$

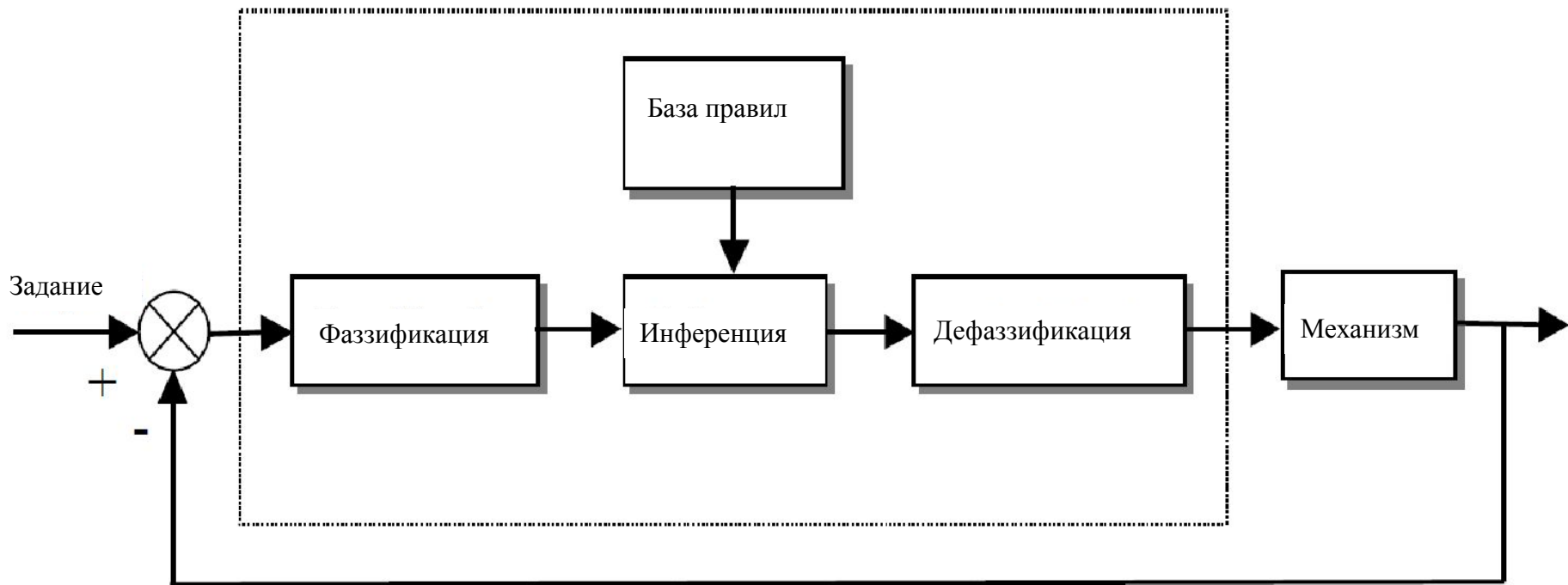




# Нечеткий регулятор

Нечеткая логика применяется для построения систем регулирования объектами с явно выраженной нелинейностью и (или) неопределенностями в параметрах.

Построение такого регулятора может дать достаточно качественный характер переходных процессов при отсутствии необходимости построения математической модели объекта.

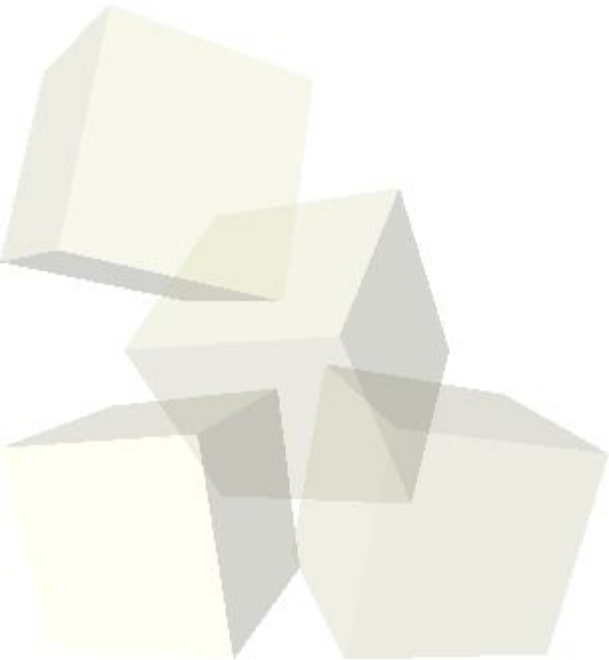




# Нечеткий регулятор

Методы создания регулятора:

1. Экспертные знания – реализация известного алгоритма управления на основании опыта оператора.
2. Анализ экспериментальных данных.
3. Построение регулятора как обратной модели объекта, если объект идентифицирован с помощью системы нечеткой логики.
4. Самообучение и самоорганизация – применение нейронных сетей и генетических алгоритмов для создания базы правил и настройки функций принадлежности.

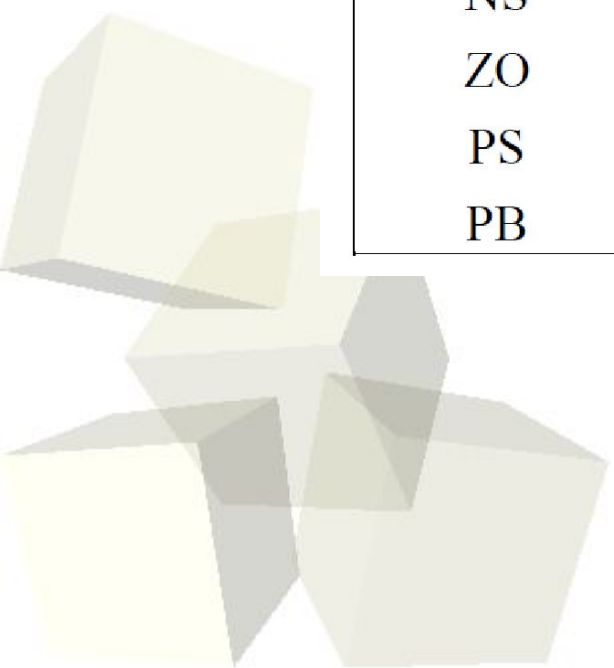




# Синтез регулятора

1. Задаем входными и выходными сигналами регулятора;
2. Задаем соотношением входных переменных;
3. Разбиваем пространство входных и выходных переменных на нечеткие множества;
4. Создаем таблицу правил.

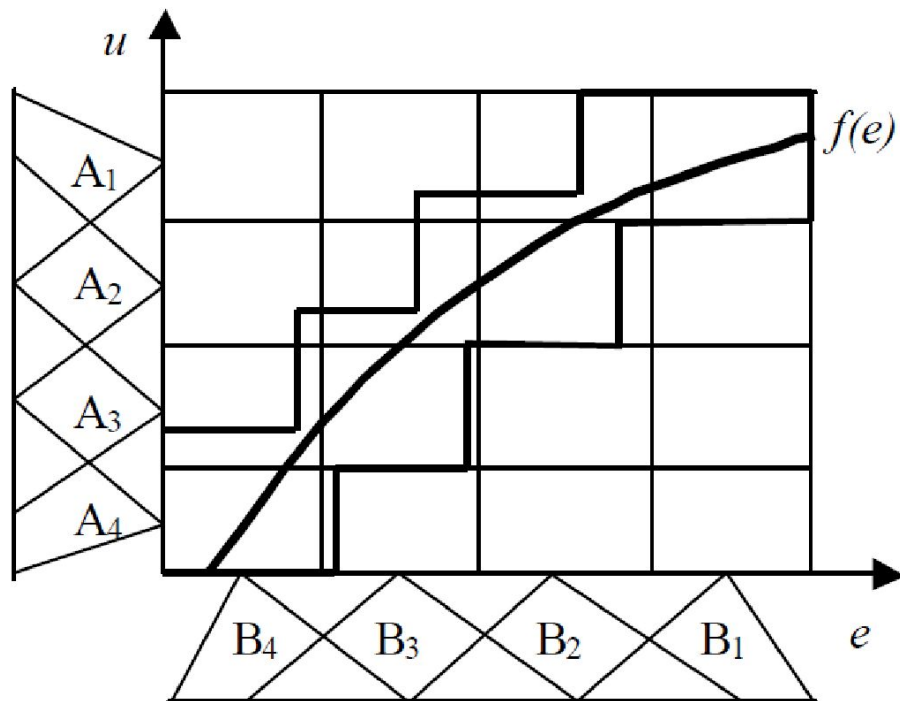
Error	Change of error				
	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	PB	PB	PB	PS	ZO
NS	PB	PS	PS	ZO	NS
ZO	PS	ZO	ZO	ZO	NS
PS	PS	ZO	NS	NS	NB
PB	ZO	NS	NB	NB	NB





# Пропорциональный регулятор

$$u = k_p \cdot e(k)$$



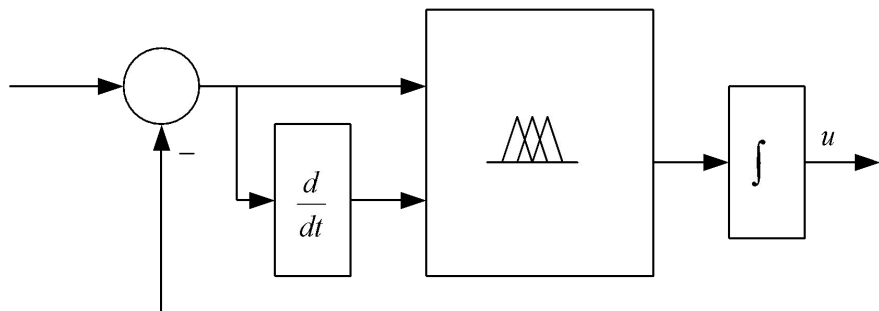
В большинстве случаев под нечетким пропорциональным регулятором понимается нелинейный элемент.

Настройка такого регулятора осуществляется исключительно исходя из задач, которые он должен выполнять.

**Пример.** Регулятор должен формировать выходной сигнал, пропорциональный входу, если входной сигнал находится в пределах некоторого диапазона, и противоположный по знаку сигнал в остальных случаях.

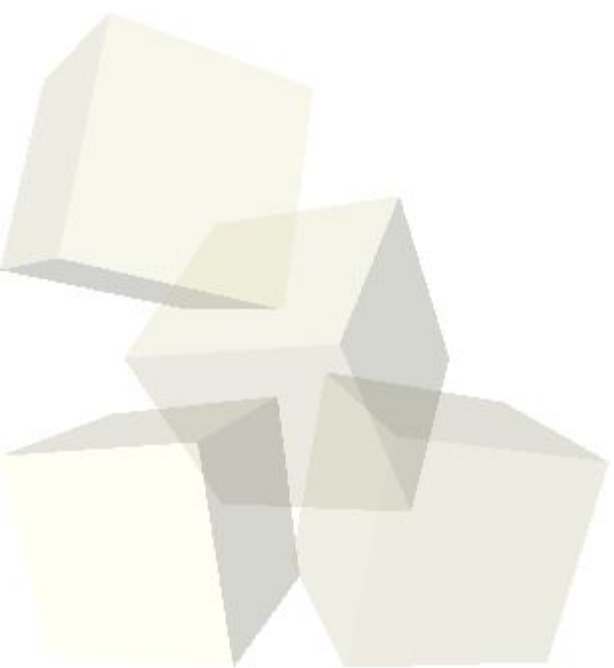


# ПИ-Регулятор



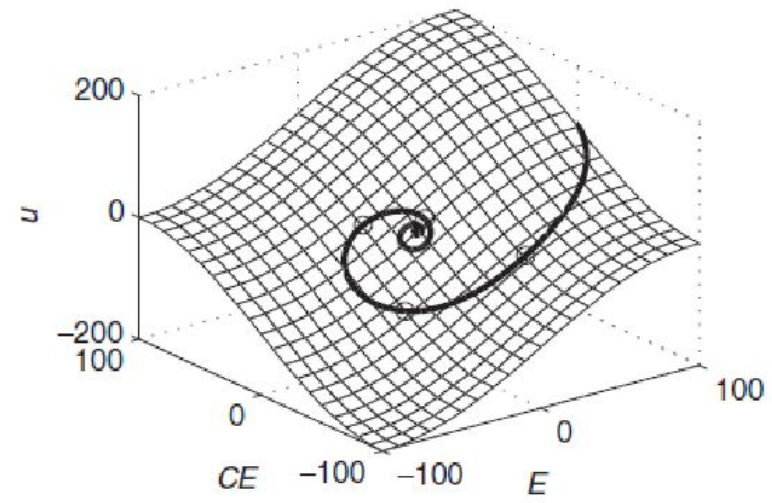
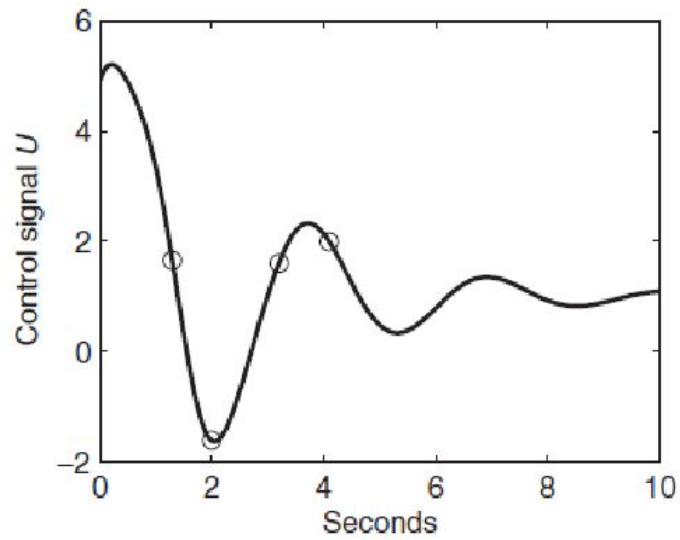
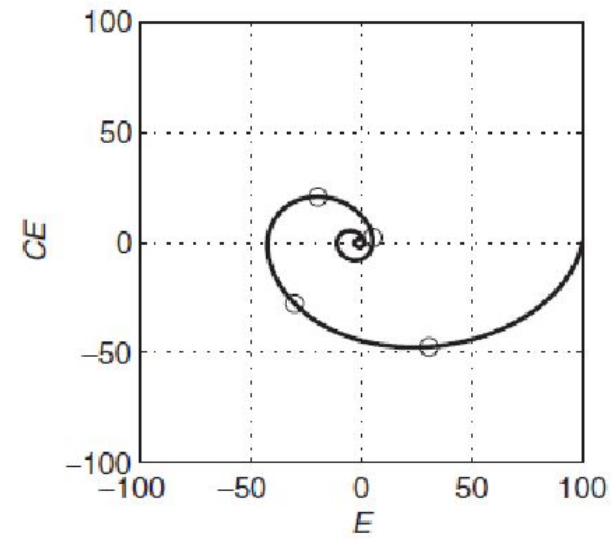
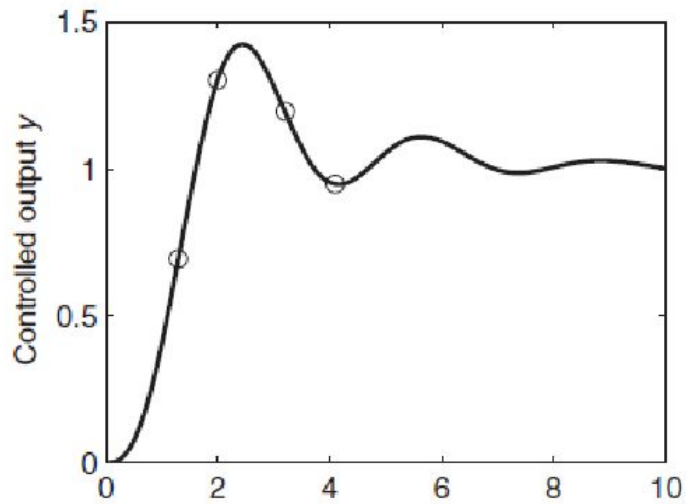
Недостаток – отсутствие физической интерпретации соотношения ошибки регулирования и ее интеграла, что затрудняет создание такого регулятора.

Поэтому настройка осуществляется исключительно на основании желаемых показателей качества регулирования, определяемых таблицей правил.





# ПИ-Регулятор





# Нечеткие регуляторы

Тип регулятора	Преимущества	Недостатки
Пропорциональный	Простота	Ограниченный круг решаемых задач
ПД	Малое перерегулирование	Чувствительность к шумам
Инкрементальный	Сглаженный выходной сигнал, нет статической ошибки	Низкое быстродействие
ПИД	Все вышесказанные	Чувствительность к шумам, дрейф интегратора