

21 ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ-1

Одним из основных направлений практического использования систем нечеткого вывода является решение задач управления различными объектами или процессами. В этом случае построение нечеткой модели основывается на формальном представлении характеристик исследуемой системы в терминах лингвистических переменных. Поскольку кроме алгоритма управления, основными понятиями систем управления являются входные и выходные переменные, то именно они рассматриваются как лингвистические переменные при формировании базы правил в системах нечеткого вывода.

В общем случае цель управления заключается в том, чтобы на основе анализа текущего состояния объекта управления определить значения управляющих переменных, реализация которых позволяет обеспечить желаемое поведение или состояние объекта управления. В настоящее время для решения соответствующих задач используется общая теория управления, в рамках которой разработаны различные алгоритмы нахождения оптимальных законов управления объектами различной физической природы.

Не вдаваясь в детальное обсуждение концепций классической теории управления, рассмотрим лишь основные определения, необходимые для понимания особенностей и места систем нечеткого вывода при решении задач управления.

Базовая архитектура или модель классической теории управления основывается на представлении объекта и процесса управления в форме некоторых систем (рисунок 1). При этом объект управления характеризуется некоторым конечным множеством входных параметров и конечным множеством выходных параметров. На вход системы управления поступают некоторые входные переменные, которые формируются с помощью конечного множества датчиков.

На выходе системы управления с использованием некоторого алгоритма управления формируется множество значений выходных переменных, которые еще называют управляющими переменными или переменными процесса управления. Значения этих выходных переменных поступают на вход объекта управления и, комбинируясь со значениями входных параметров объекта управления, изменяют его поведение в желаемом направлении.

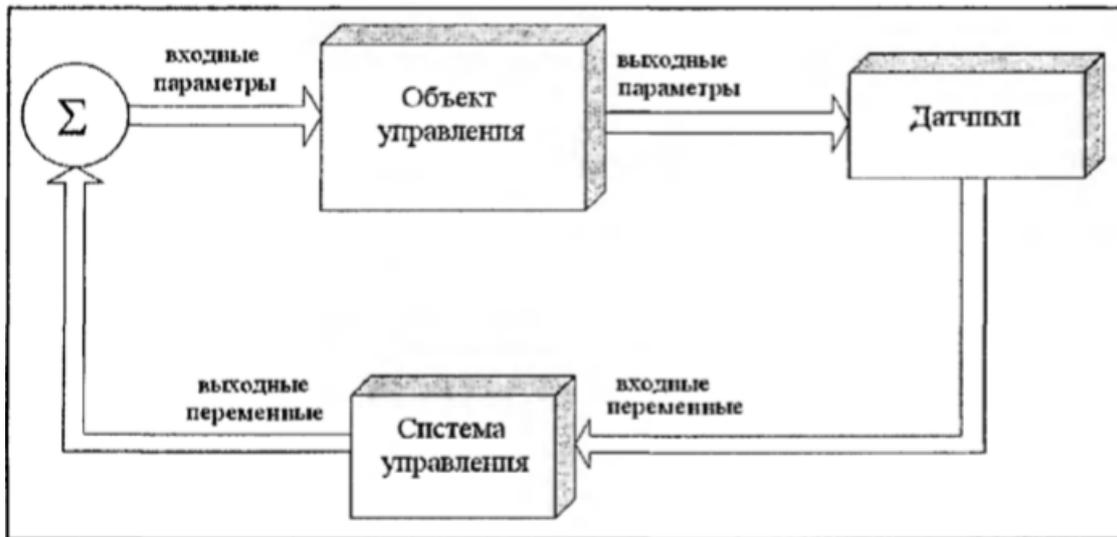


Рисунок 1 – Архитектура компонентов процесса управления с обратной связью

Рассмотренная архитектура называется *процессом управления с обратной связью*, а используемые для управления техническими объектами системы управления – *контроллерами*.

Наиболее типичным примером рассмотренной модели управления является так называемый *интегрально-дифференцирующий контроллер* или PID-контроллер (proportional-integral-derivative controller). Алгоритм его управления основан на сравнении выходных параметров объекта управления с некоторыми заданными параметрами и определении величины расхождения между ними или ошибки. После этого рассчитываются величины выходных переменных в форме аддитивной суммы величины этой ошибки, значения интеграла и производной по времени в течение некоторого промежутка времени.

Один из недостатков PID-контроллеров заключается в предположении о

линейном характере зависимости входных и выходных переменных процесса управления, что существенно снижает адекватность этой модели при решении отдельных практических задач. Другой недостаток модели связан со сложностью выполнения соответствующих расчетов, что может привести к недопустимым задержкам в реализации управляющих воздействий при оперативном управлении объектами с высокой динамикой изменения выходных параметров.

Архитектура или модель нечеткого управления основана на замене классической системы управления системой нечеткого управления, в качестве которой используются системы нечеткого вывода. В этом случае модель нечеткого управления (рисунок 2) строится с учетом необходимости реализации всех этапов нечеткого вывода, а сам процесс вывода реализуется на основе одного из рассмотренных выше алгоритмов нечеткого вывода.

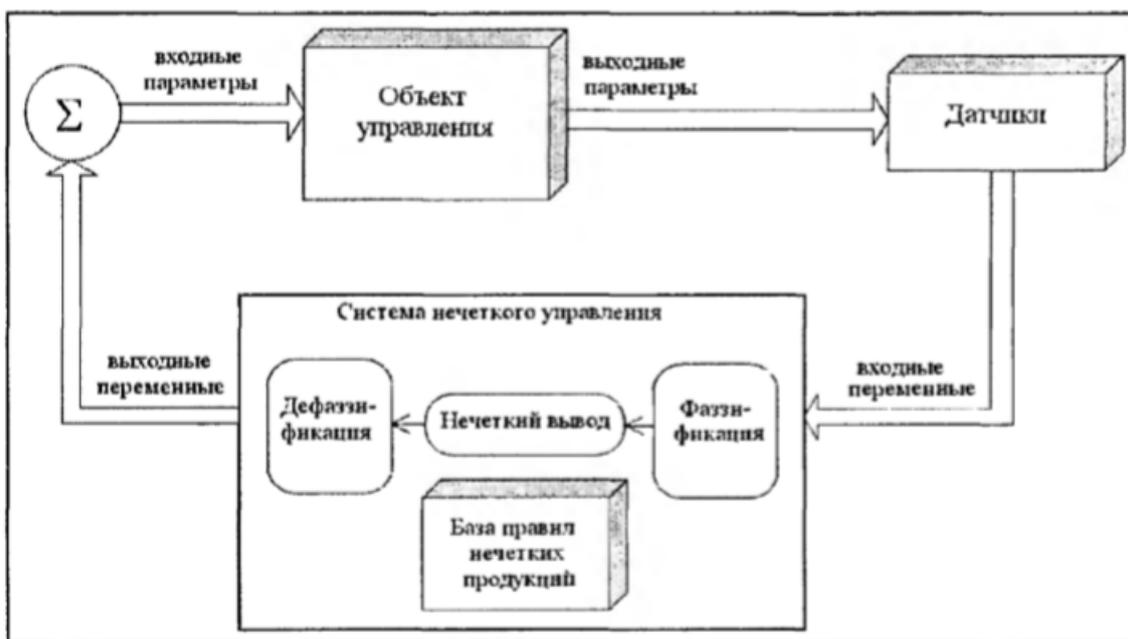


Рисунок 2 – Архитектура компонентов процесса нечеткого управления

Далее рассматриваются особенности построения некоторых моделей систем нечеткого управления с целью решения практических задач по управлению конкретными объектами.

21.1 Нечеткая модель управления смесителем воды при принятии душа

В качестве первого примера использования систем нечеткого вывода в задачах управления рассматривается задача управления смесителем воды при принятии душа. Эта задача является одной из наиболее простых, которая может быть решена методами нечеткого моделирования. Для определенности предположим, что в качестве алгоритма нечеткого вывода будет использоваться алгоритм Мамдани.

21.1.1 Содержательная постановка задачи

При принятии душа на вход смесителя подается холодная и горячая вода по соответствующим магистральным трубопроводам. Наиболее комфортные условия для душа создаются при наличии на выходе смесителя теплой воды постоянной температуры. Поскольку во время принятия душа может наблюдаться неравномерный расход воды, температура воды на выходе смесителя будет колебаться, приводя к необходимости ручного изменения подачи холодной или горячей воды. Задача состоит в том, чтобы сделать регулировку температуры воды автоматической, обеспечивая постоянную температуру воды на выходе смесителя (рисунок 3).

Опыт принятия душа позволяет сформулировать несколько эвристических правил, которые мы применяем в случае регулирования температуры воды на выходе смесителя:

- Если вода горячая, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол вправо.
- Если вода не очень горячая, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол вправо.
- Если вода теплая, то оставить вентиль крана горячей воды без воздействия.
- Если вода прохладная, то следует повернуть вентиль крана горя-

чей воды на небольшой угол влево.

- Если вода холодная, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол влево.

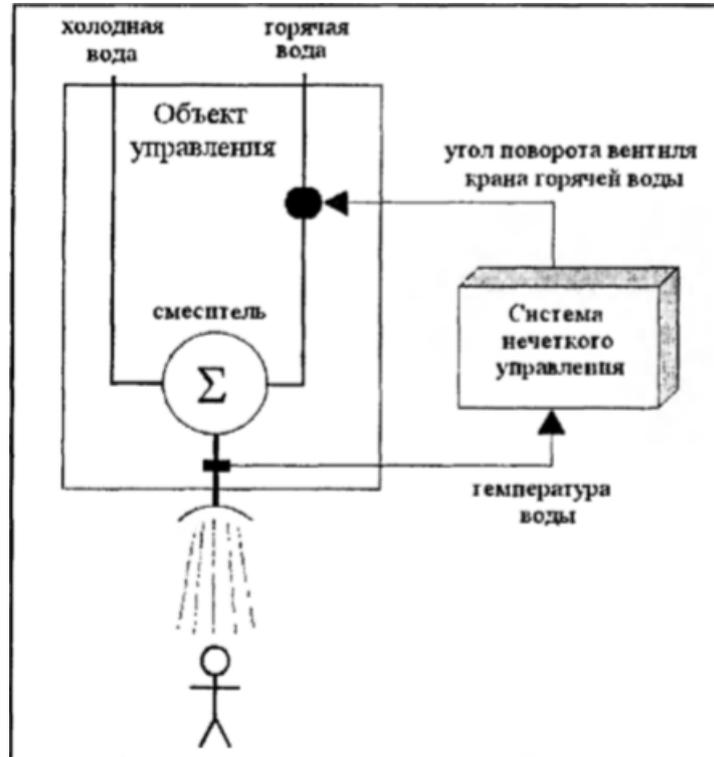


Рисунок 3 – Иллюстрация модели нечеткого управления смесителем воды при принятии душа

Эта информация будет использоваться при построении базы правил системы нечеткого вывода, которая позволяет реализовать данную модель нечеткого управления.

21.1.2 Построение базы нечетких лингвистических правил

Для формирования базы правил систем нечеткого вывода необходимо предварительно определить входные и выходные лингвистические переменные. Очевидно, в качестве входной лингвистической переменной следует использовать температуру воды на выходе смесителя или формально: β_1 – "температура воды". В качестве выходной лингвистической переменной будем использо-

вать угол поворота вентиля крана горячей воды или формально: β_2 – "угол поворота".

В этом случае система нечеткого вывода будет содержать 5 правил нечетких продукций следующего вида:

ПРАВИЛО-1: ЕСЛИ «вода горячая» ТО «повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол вправо»

ПРАВИЛО_2: ЕСЛИ «вода не очень горячая» ТО «повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол вправо»

ПРАВИЛО_3: ЕСЛИ «вода теплая» ТО «оставить угол поворота крана горячей воды без изменения»

ПРАВИЛО_4: ЕСЛИ «вода прохладная» ТО «повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол влево»

ПРАВИЛО_5: ЕСЛИ «вода холодная» ТО «повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол влево»

21.1.3 Фаззификация входных переменных

В качестве терм-множества первой лингвистической переменной будем использовать множество T_1 -{"горячая", "не очень горячая", "теплая", "прохладная", "холодная"} с функциями принадлежности, изображенными на рисунке 4, а.

В качестве терм-множества второй лингвистической переменной будем использовать множество T_2 = {"большой угол вправо", "небольшой угол вправо", "нуль", "небольшой угол влево", "большой угол влево"} с кусочно-линейными функциями принадлежности, изображенными на рисунке 4, б.

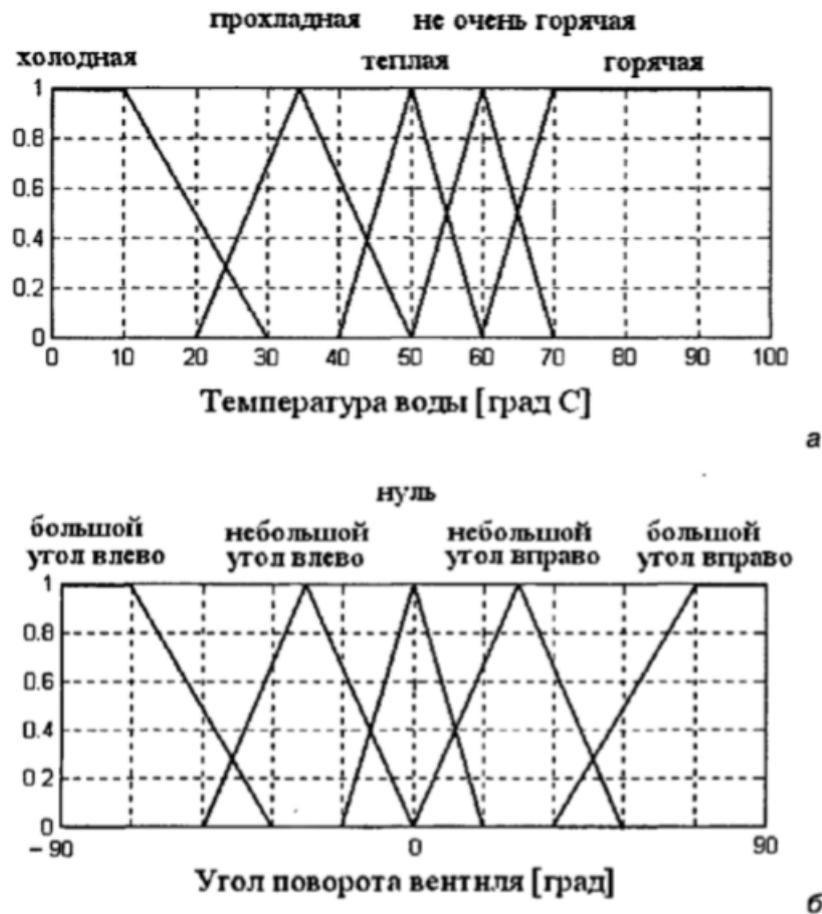


Рисунок 4 – Графики функций принадлежности для термов лингвистической переменной «Температура воды» (а) и лингвистической переменной «Угол поворота вентиля крана» (б)

При этом температура воды измеряется в градусах Цельсия, а угол поворота – в угловых градусах. В последнем случае поворот вправо означает положительное направление отсчета, а поворот влево – отрицательное.

Используя в качестве алгоритма вывода алгоритм Мамдани, рассмотрим пример его выполнения для случая, когда текущая температура воды на выходе смесителя равна 55 °С. В этом случае фаззификация входной лингвистической переменной приводит к значениям степеней истинности 0,5 для правил нечетких продукций с номерами 2 и 3. Эти правила считаются активными и используются в текущем процессе нечеткого вывода.

Поскольку все условия в правилах 1–5 заданы в форме нечетких лингвистических высказываний первого вида, этап их агрегирования тривиален и

оставляет степени истинности 0,5 без изменения.

Следующим этапом нечеткого вывода является активизация заключений в нечетких правилах продукций. Поскольку все заключения правил 1–5 заданы в форме нечетких лингвистических высказываний первого вида, а весовые коэффициенты правил по умолчанию равны 1, то активизация правил 2 и 3 приводит к нечетким множествам, функции принадлежности которых изображены на рисунке 5, а.

Аккумуляция заключений нечетких правил продукций с использованием операции max-дизъюнкции для правил 2 и 3 приводит в результате к нечеткому множеству, функция принадлежности которого изображена на рисунке 5, б.

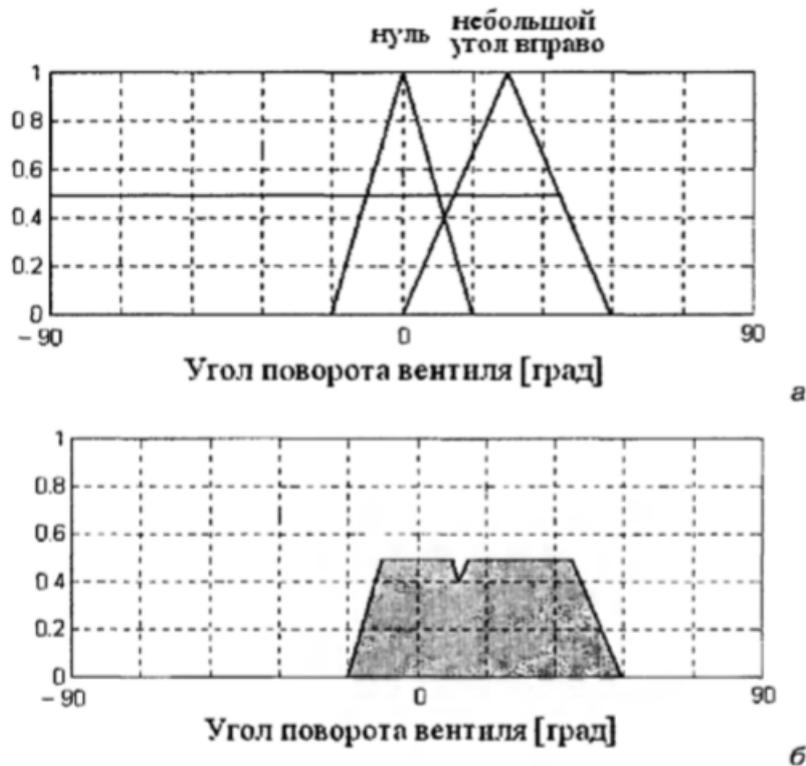


Рисунок 5 – Графики функции принадлежности для двух термов входной лингвистической переменной «Угол поворота вентиля крана»(а) и функции принадлежности после аккумуляции (б)

21.1.4 Дефаззификация выходной лингвистической переменной

Дефаззификация выходной лингвистической переменной *"Угол поворота вентиля крана"* методом центра тяжести для значений функции принадлежности, изображенной на рисунке 5, приводит к значению управляющей переменной, равному повороту вентиля крана вправо на 16° (приближенное значение). Это значение и является результатом решения задачи нечеткого вывода для текущего значения входной лингвистической переменной *«Температура воды»*.

Для реализации этого алгоритма нечеткого управления необходимо организовать периодическое измерение температуры воды на выходе смесителя в некоторые дискретные моменты времени. При этом, чем меньше интервал измерения этой температуры, тем выше оказывается точность регулирования температуры воды.

Что касается реализации собственно процедуры нечеткого управления, то для этой цели необходимо использовать соответствующие программные или аппаратные средства, специально предназначенные для выполнения всех этапов нечеткого вывода. В частности, для этой цели могут быть применены специальные программируемые нечеткие контроллеры, которые обладают возможностью реализовывать программу нечеткого вывода, записанную, например, на языке нечеткого управления или языка FCL.

21.2 Контрольные вопросы

1. В чем заключается в общем случае цель управления?
2. Как называются системы управления, используемые для управления техническими объектами?
3. В чем заключается алгоритм управления PID-контроллера?
4. Какие основные недостатки есть у PID-контроллеров?
5. Как выглядит архитектура или модель нечеткого управления?

