

Скубий А.П., Белоус В.А., Ковалёв С.А.

Донецкий Национальный Технический Университет

кафедра компьютерной инженерии

E-mail: [firestarter\\_88@mail.ru](mailto:firestarter_88@mail.ru), [rmur@pochta.ru](mailto:rmur@pochta.ru)

#### Аннотация

*Скубий А.П., Белоус В.А., Ковалёв С.А. Применение нечеткой логики в системах управления. Рассмотрены вопросы использования нечетких систем при управлении нелинейными объектами. Такой подход позволяет без особых затрат оборудования эффективно реализовать сложные стратегии управления.*

#### Общая постановка проблемы

В последнее время микроконтроллерные системы управления получили широкое применение при производстве практически всех видов техники. При таких масштабах применения, актуальным становится вопрос об упрощении программирования и конструкции систем автоматического управления для улучшения характеристик работы технических аппаратов, уменьшения затрат на оборудование при их производстве, упрощения их программирования и проектирования.

Особой проблемой в этой сфере является автоматизация управления объектов, функции которых описываются нелинейными функциями. При использовании микроконтроллерных систем управления, следует учесть, что их аппаратная часть зачастую сильно ограничена, что существенно усложняет или делает невозможным их применение для эффективной реализации сложных стратегий управления нелинейными объектами.

При проектировании систем управления для нелинейных объектов обычно используются такие методы как линейная аппроксимация, кусочно-линейная аппроксимация и применение таблиц поиска. Однако применение этих методов в реальных технических устройствах не всегда позволяет добиться желаемого эффекта. Рассмотрим для примера функцию работы вентилятора в системе контроля температуры помещения. Основной функцией, которая должна быть реализована для этого объекта является установление и поддержание оптимальной температуры в помещении. Изменение скорости вращения лопастей вентилятора зависит от температуры. График зависимости можно увидеть на рис. 1.



Рис. 1. График зависимости скорости вращения вентилятора от температуры

На графике видно, что оптимальная зависимость нелинейная, поэтому применение линейных методов аппроксимации может привести к негативным эффектам (рис. 2)

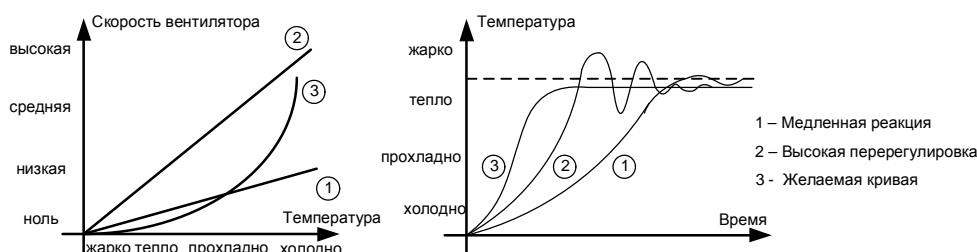


Рис. 2. Графики линейной аппроксимации

Линейная аппроксимация 1 для требуемой кривой генерирует медленный выходной ответ без перегулировки, которое подразумевает, что комната была бы слишком холодной некоторое время. Линейная аппроксимация 2 приводит к более быстрому ответу с перегулировкой и последующим колебаниям, которые подразумевают, что температура будет неудобна некоторое время. Из вышеизложенного видно, что применение линейных методов аппроксимации в данном случае неэффективны.

#### Постановка задачи

Необходимо разработать проект системы управления, в которой будут использоваться более эффективные методы для работы с нелинейными объектами без увеличения затрат на оборудование.

Для обеспечения увеличения эффективности можно использовать систему управления с нечеткой логикой («fuzzy logic»).

#### Применение методов нечеткой логики при решении задачи

Нечеткая логика основана на использовании таких терминов естественного языка, как «далеко», «близко», «холодно», «горячо», которые принято называть лингвистическими переменными. Диапазон ее применения очень широк - от бытовых приборов до управления сложными промышленными процессами. Вместе с тем, чтобы использовать теорию нечеткости на цифровых компьютерах, необходимы математические преобразования, позволяющие перейти от лингвистических переменных к их числовым аналогам в ЭВМ.

Нечеткие системы основаны на правилах продукционного типа. Обычно продукционное правило записывается в виде: «ЕСЛИ (посылка) (связка) (посылка)... (посылка) ТО (заключение). В качестве посылки и заключения в правиле используются лингвистические переменные, что позволяет избежать ограничений, присущих продукционным правилам классической логики.

Целевая установка процесса управления связывается с выходной переменной нечеткой системы управления, но результат нечеткого логического вывода является нечетким, а физическое исполнительное устройство не способно воспринять такую команду. Необходимы специальные математические методы, позволяющие переходить от нечетких значений величин к вполне определенным. В целом весь процесс нечеткого управления можно разбить на несколько шагов: фаззификация, разработка нечетких правил и дефаззификация.

Рассмотрим эти шаги подробнее:

**Фаззификация (переход к нечеткости).** Точные значения входных переменных преобразуются в значения лингвистических переменных посредством применения некоторых положений теории нечетких множеств, а именно - при помощи определенных функций принадлежности.

*Разработка нечетких правил.* На этом этапе определяются продукционные правила, связывающие лингвистические переменные. Совокупность таких правил описывает стратегию управления, применяемую в данной задаче.

Большинство нечетких систем используют продукционные правила для описания зависимостей между лингвистическими переменными. Типичное продукционное правило состоит из антецедента (часть ЕСЛИ ...) и консеквента (часть ТО ...). Антецедент может содержать более одной посылки. В этом случае они объединяются посредством логических связок И, ИЛИ, НЕ.

Процесс вычисления нечеткого правила называется нечетким логическим выводом и подразделяется на два этапа: обобщение и заключение.

После выполнения всех шагов нечеткого вывода определяется нечеткое значение управляющей переменной. Чтобы исполнительное устройство смогло обработать полученную команду, необходим этап управления, на котором избавляются от нечеткости и который называется *дефаззификацией*.

*Дефаззификация (устранение нечеткости).* На этом этапе осуществляется переход от нечетких значений величин к определенным физическим параметрам, которые могут служить командами исполнительному устройству. Работа правил дефаззификации показана на рис. 3.

*Метод центра максимума (CoM).* Так как результатом нечеткого логического вывода может быть несколько термов выходной переменной, то правило дефаззификации должно определить, какой из термов выбрать.

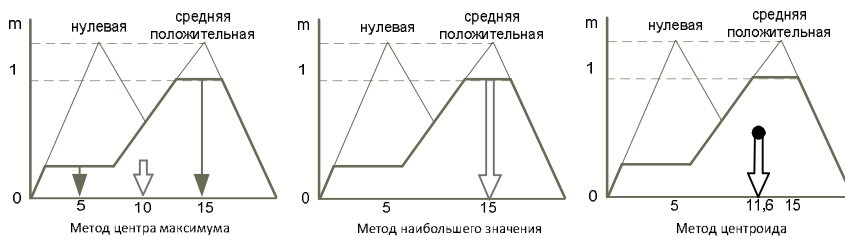


Рис. 3. Методы дефаззификации значений переменных

*Метод наибольшего значения (MoM).* При использовании этого метода правило дефаззификации выбирает максимальное из полученных значений выходной переменной.

*Метод центроида (CoA).* В этом методе окончательное значение определяется как проекция центра тяжести фигуры, ограниченной функциями принадлежности выходной переменной с допустимыми значениями.

#### **Описание работы экспериментальной модели**

Рассмотрим модель простого температурного контроллера с одним входом. Входной функцией здесь является температура воздуха в помещении, а выходной – скорость вращения лопастей вентилятора.

В качестве среды моделирования была выбрана программная среда разработки математического расширения пакета MATLAB для работы с нечеткой логикой “Fuzzy Logic Toolbox”.

Первым шагом при построении модели является фаззификация значений входной (рис. 4) и выходной (рис. 5) переменной и определение их функций принадлежности.

Значение входной переменной температуры изменяются в промежутке от 0 до 35°C, а выходной – скорости вращения лопастей вентилятора от 0 до 1500 об/мин.

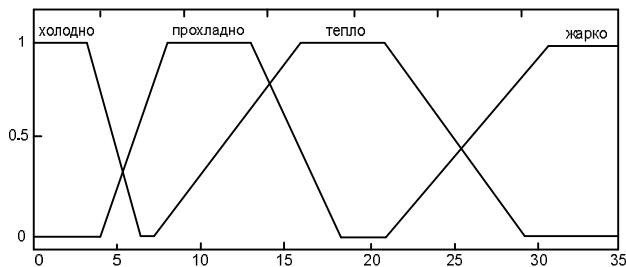


Рис. 4. Определение функций принадлежности входной переменной (Π-функция)

Вид функции может быть абсолютно произвольным. Для сравнения в качестве вида функции принадлежности входной переменной выбрана Π-функция (рис. 4) и Л-функция (рис. 6). В качестве функции дефаззификации переменных используется метод центраида (CoA).

После определения функций принадлежности задаются продукционные правила для определения зависимостей между переменными. Для представленной модели достаточно четырёх правил зависимостей, согласно значений функций принадлежности:

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| ЕСЛИ температура = «холодно»   | ТО сила вращения = «высокая» |
| ЕСЛИ температура = «прохладно» | ТО сила вращения = «средняя» |
| ЕСЛИ температура = «тепло»     | ТО сила вращения = «низкая»  |
| ЕСЛИ температура = «жарко»     | ТО сила вращения = «ноль»    |

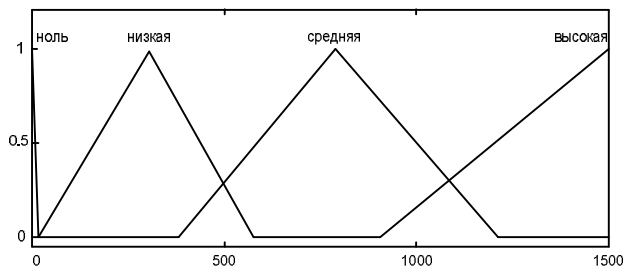


Рис. 5. Определение функций принадлежности выходной переменной

В результате моделирования получим графики зависимости выходной переменной (скорости вращения лопастей) от изменения входной переменной при всех значениях интервала моделирования работы аппарата (рис. 7).

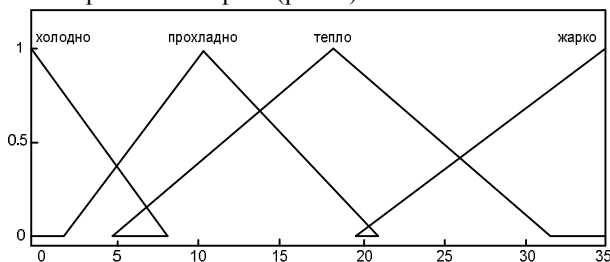


Рис. 6. Определение функций принадлежности входной переменной (Л-функция)

Исходя из полученных графиков можно сделать вывод, что при использовании функций принадлежности вида Π (рис. 7б) кривая зависимости более приближена к идеальной, чем при использовании функций вида Л (рис. 7а). Следовательно, для данной экспериментальной модели использование Π-функций более эффективно.

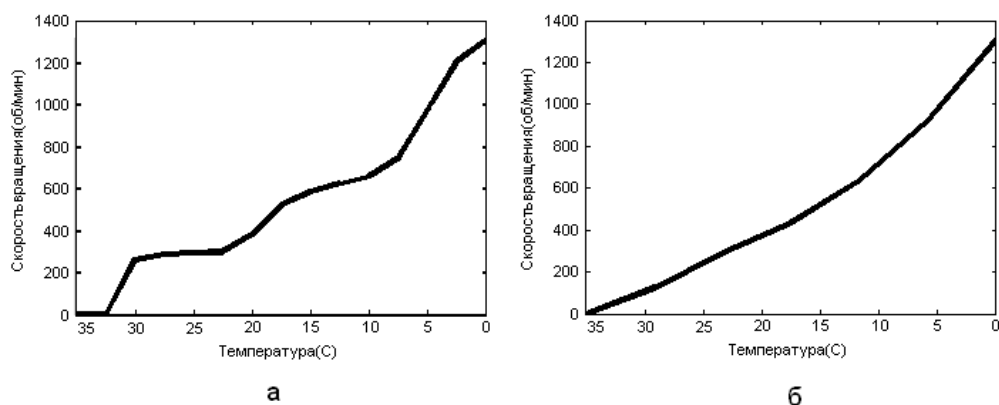


Рис. 7. График зависимости скорости вращения от температуры в построенной модели

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что при правильном выборе функций принадлежности можно достичь довольно высокой степени точности аппроксимации нелинейных функций без дополнительных затрат оборудования.

### Выводы

Применение нечеткой логики в работе автоматических систем управления позволяет добиться следующих результатов:

- упрощение программной разработки;
- возможность достижения высокой точности аппроксимации нелинейных функций;
- упрощение структуры системного программного обеспечения;
- уменьшение затрат объема памяти и ресурсов вычислительной системы.

Таким образом, использование нечеткой логики в сложных системах управления более эффективно и рационально, чем использование линейных и кусочно-линейных методов аппроксимации процессов управления.

### Литература

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2006. С 45-74, 302-308.
2. В.Дьяконов, В.Круглов Математические пакеты расширения MATLAB. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. С 292-309.
3. Zade L. A. Fuzzy sets, Information and Control 8, 338-353, 1965