**Министерство высшего образования и науки**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**Донской государственный технический университет**

**(ФГБОУ ВО ДГТУ)**

М.В. Чавычалов

**СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ**

Учебно-методическое пособие к контрольной работе

Ростов-на-Дону

2023

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc148550550)

[1 Порядок выполнения контрольной работы 4](#_Toc148550551)

[2 НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ РОБОТА 5](#_Toc148550552)

[БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 15](#_Toc148550553)

# Введение

Применение методов нечеткой логики в интел­лектуальных робототехнических системах

Интеллектуальное управление – высшая ступень в теории управления после программного и адаптивного, отличающаяся применением искусственного интеллекта (отсюда название этого способа управления).

Искусственный интеллект – научно-техническое направление, основной целью которого является создание интел­лектуальных систем, способных решать неформализуемые творческие задачи, которые сегодня решает только человек. Иными словами, цель заключается в создании технического аналога человеческого интеллекта.

В робототехнике искусственный интеллект требуется, для решения следующих задач:

обработка сенсорной информации (фильтрация, сжатие информации; распознавание образов);

создание моделей внешней среды;

планирование поведения;

управление движением;

создание интеллектуального интерфейса между человеком-оператором и роботом.

# Порядок выполнения контрольной работы

Приступая к выполнению контрольной работы, студенту необходимо получить задание от преподавателя и уяснить исходные данные. Контрольная работа должна содержать: титульный лист, задание, содержание, введение, расчетную часть, индивидуальное задание, заключение, список использованных источников.

# НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ РОБОТА

В системах интеллектуального управления все большее применение находит нечеткая логика [1]. Она позволяет формализовать описание процессов и систем при неполном знании о них, т.е. формализовать неопределенности. Пусть, например, для некоторого объекта известны значения компонентов вектора выходной переменной только для нескольких дискретных значений вектора выходного воздействия. С помощью аппарата нечеткой логики по этим данным можно описать зависимость “вход – выход” во всем диапазоне возможных значений выходного воздействия следующим образом.

Для каждой компоненты выходного вектора во всем диапазоне ее изменения устанавливается последовательность лингвистических (дискретных) переменных (например, отрицательное большое (NH), отрицательное (N), отрицательное малое (NL), нулевое (Z), положительное малое (PL), положительное (P), положительное большое (PH)). Каждому такому дискретному значению придается функция принадлежности Mх, которая определяет степень уменьшения вероятности принадлежности выходной компоненты к этому дискретному значению по мере удаления входного воздействия от соответствующего ему значения.

В технических системах функции принадлежности имеют аналитическое представление. Рассмотрим наиболее распространенные функции принадлежности.

Треугольная функция принадлежности приведена на рис. 1 и описывается уравнением:

. (1)

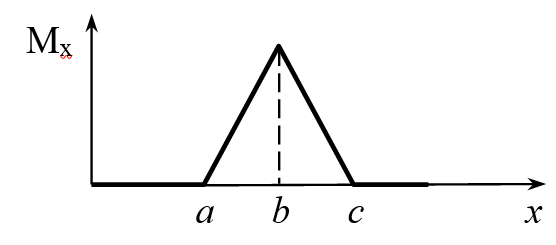


Рис. 1

Трапециидальная функция принадлежности приведена на рис. 2 и описывается уравнением:

 (2)

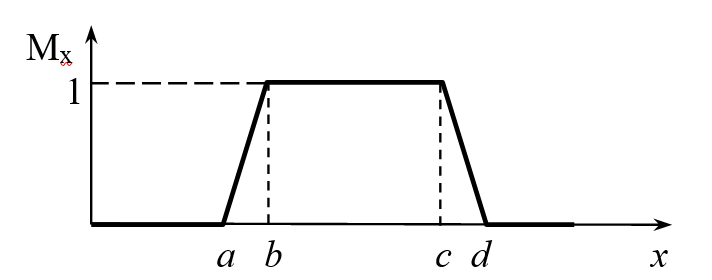


Рис. 2

1

Гауссова функция принадлежности приведена на рис. 3 и описывается уравнением:

 (3)

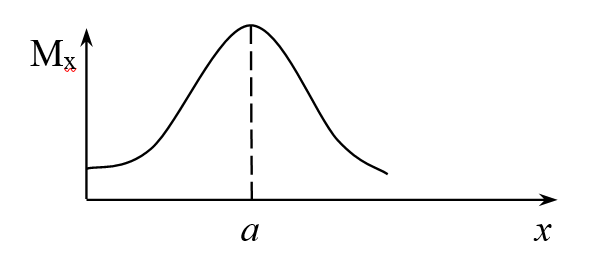


Рис. 3

На рис. 4 показан пример описания зависимости “вход – выход” для объекта с одним входом с помощью пяти функций принадлежности. Последние построены в относительных единицах. Каждая функция принадлежности определяет свое дискретное значение выходной величины, а ее ордината – степень вероятности принадлежности выходной величины к этому значению. Функция 1 (отрицательное большое (NH)) имеет Z-форму, функции 2 (отрицательное (N)), 3 (нулевое (Z)) и 4 (положительное (P)) – треугольную форму, а функция 5 (положительное большое (PH))– S-форму.

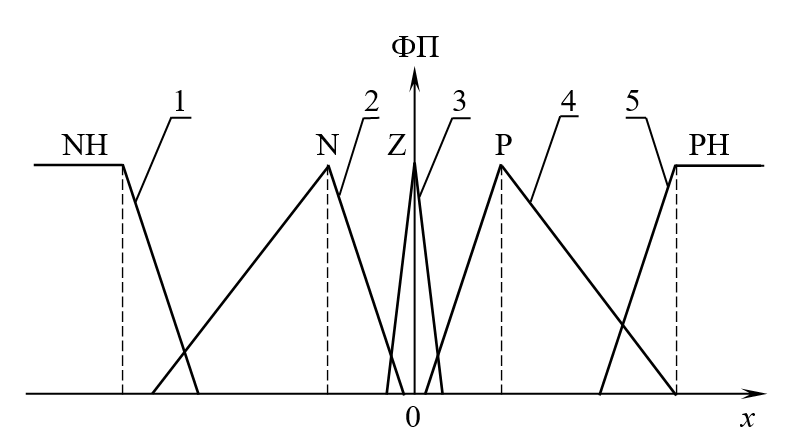


Рис. 4. Пример функций принадлежности (ФП)

В точных методах оценки величин и событий они обра­зу­ют универсальное множество E. Каждый элемент этого мно­же­ства может иметь признак A с истинностью 0 или 1, что пред­ста­вляется функцией принадлежности MA = [0, 1]. Таким обра­зом, подмножество А представляет собой упорядоченный на­бор пар, одна составляющая которых – признак; вторая – 0 или 1. В нечеткой логике функция принадлежности может при­ни­мать любые значения. Нечеткое множество представляет собой набор пар из признаков и значений функ­ции принадлежности. Например, для набора *x*1÷*x*4 указывается значение функции принадлежности в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x*4 |
| 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0 |

Запись нечеткого множества соответственно табл. 1 имеет вид .

Над нечеткими множествами осуществляются следующие логические операции.

1. Включение (доминирование) A⊂B означает, что для нечетких подмножеств A и B, входящих в универсальное мно- жество F, справедливо соотношение:∀xE: MA(*x*) ≤ MB(*x*).

2. Равенство A = B означает, что для нечетких подмножеств A и B равны функции принадлежности в пределах множества Е: ∀xE: MA(*x*) = MB(*x*).

3. Дополнение = B: MB(*x*) = 1 – MA(*x*).

Операция дополнения действительна, если функция принадлежности не больше 1.

4. Пересечение AB MAB = min(MA, MB) = MAMB.

Пересечение случайных подмножеств эквивалентно логической функции “И” (логическая конъюнкция), функция принадлежности пересечения определяется как минимум для функций MA и MB.

5. Объединение AB MAB = max(MA, MB) = MA∨MB.

Объединение нечетких множеств эквивалентно логической функции “или” (логическая дизъюнкция) и определяется как максимум для функций MA, MB.

Для получения решения в нечеткой логике используются ло­гические выводы, которые базируются на нечетких отноше­ни­ях [2]. Нечеткие отношения состоят из предпосылки и заклю­че­ния. Степень связи между предпосылкой и заключением часто уста­на­вливается экспертным путем и выражается функцией при­над­лежности отношения.

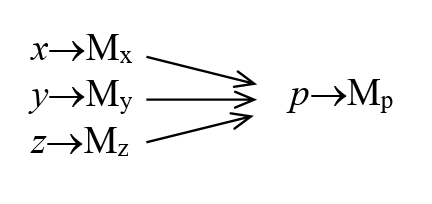
Пример: если *x* есть A,то *y* есть B.

Для такого нечеткого отношения экспертным путем устанавливается: MA,B = [0, 1] – любое значение от 0 до 1.

Если предметная область представляется наборами многих параметров, то она соответственно представляется мно­же­с­твом нечетких множеств, которые связаны нечеткими отно­ше­ниями. Поиск решения в совокупности нечетких множеств выполняется в следующем порядке.

1. Фаззификация. На этом этапе определяется степень ис­тин­­ности для значений параметров, полученных из пред­мет­ной области, т. е. определяется конкретное значение функции для конкретных параметров.

Логические выводы. На этом этапе для всех пред­по­сы­лок строятся нечеткие множества для всех заключений (для всех выходных данных). Каждое нечеткое отношение, связывающее входные параметры с выходными, анализи­руют­ся по величине функции принадлежности и, таким образом, для каждой выходной переменной определяется набор функ­ций принадлежности с учетом определенных значений функций принадлежности входных параметров. Функция принад­леж­ности выходного параметра модифицируется в соответствии с этим набором, обычно по принципу минимизации или усе­чения. Это означает, что функция принадлежности выходного параметра для каждого значения входного параметра ограничивается уровнем, который определяется по совокупности значений функций принадлежности входных параметров.



3. Композиция, которая заключается в объединении нечетких множеств, полученных из всех логических правил, в одно нечеткое множество. Функция принадлежности выходного параметра в этом множестве определяется по максимуму функций принадлежности MP1, MP2, …, найденных для каждого набора входных параметров: MΣ = max(MPi)

4. Дефаззификация: вычисление конкретного значения выходного параметра.

Рассмотрим поиск решения для двух переменных входа.

Пусть имеются два параметра *x* и *y*, которые описывают вход­ные данные нечеткого регулятора, а *z* – выходное состо­яние регулятора. Известны два логических правила.

1. Если *x* → A1, *y* → B1, то *z* → C1.

2. Если *x* → A2, *y* → B2, то *z* → C2,

где A, B, C – функции принадлежности нечетких множеств *x*, *y*, *z*.

Алгоритм поиска решения для двух переменных входа представлен на рис. 5.

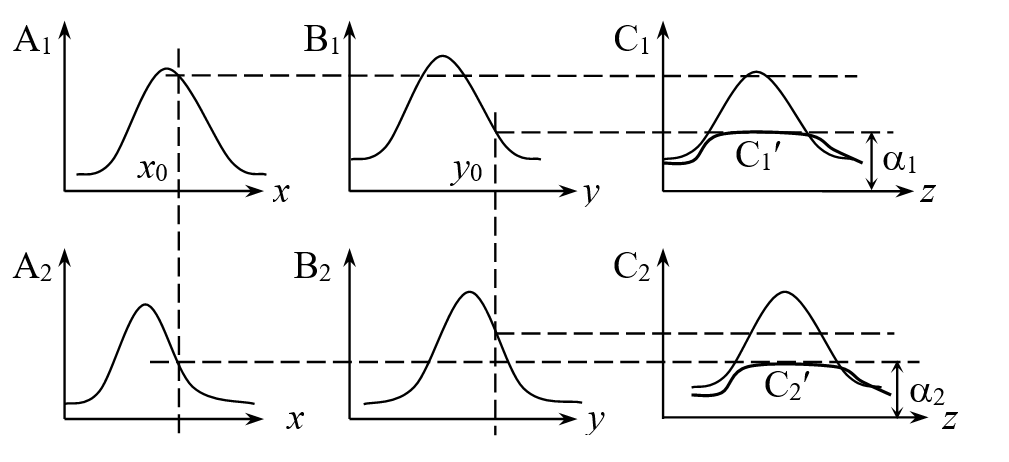


Рис. 5. Получение нечеткого решения

Для значений входных параметров *x*0, *y*0 на первом этапе определяются значение функции принадлежности:

A1(*x*0), A2(*x*0),

B1(*y*0), B2(*y*0).

На втором этапе определяется уровень отсечения для функции принадлежности выходного параметра:

α1 = A1∧B1, определение

α2 = A2∧B2. минимума

Далее определяется модифицированная функция принадлежности выходного параметра:

C1′ = α1∧C1,

C2′ = α2∧C2.

Итоговая функция принадлежности для параметра *z* имеет вид (определяется как дизъюнкция C1′ и C2′):

C = C1′∨ C2′ (max).

Вычисление конкретного значения выходного параметра выполняется следующим образом:

, (4)

где *w* – об­ласть существования функции С.

Описанный алгоритм поиска решения называется алгоритмом Мамдани.

Широко используется также алгоритм Сугэно. В этом алгоритме применяются следующие представления нечетких переменных выхода через переменные входа.

Представление 1: если *x* → A1, *y* → B1, то *z* = *a*1*x* + *b*1*y*.

Представление 2: если *x* → A2, *y* → B2, то *z* = *a*2*x*+ *b*2*y*.

Поиск выполняется в следующем порядке:

Вычисляются значения функций принадлежности для конкретных значений *x*0, *y*0.

Находятся уровни отсечения α1 = A1∧B1 и α2 = A2∧B2  и индивидуальные выходы правил:

*z* = *a*1*x*0 + *b*1*y*0,

z = *a*2*x*0 + *b*2*y*0.

Определяется четкое значение переменной вывода.

Четкое значение определяется обычно по правилу (4), но применяются и другие варианты нахождения этого значения, например, как средний максимум, максимум или минимум.

2.2. Нечеткое управление исполнительным приводом постоянного тока

На рис. 6 приведена функциональная схема системы управления приводом, основанная на нечеткой логике. Приняты следующие обозначения блоков:

Д – дифференциатор;

AЦП – аналого-цифровой преобразователь;

Ф1, Ф2 – фаззификаторы (fuzzy (англ.) – нечеткий);

БОИ – блок обработки информации;

ДФ – дефаззификатор;

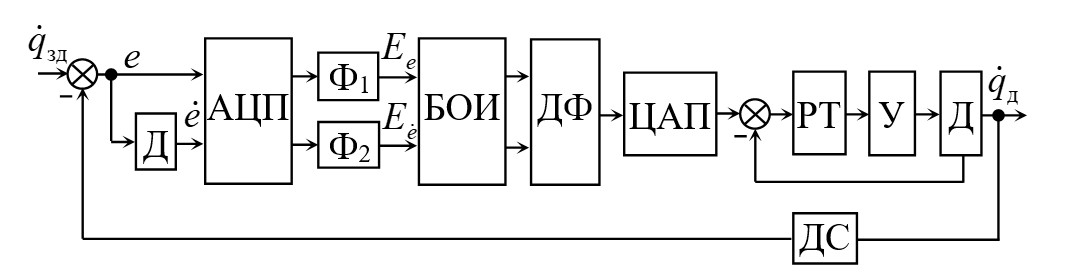
ЦAП – цифроаналоговый преобразователь;

РТ – регулятор тока;

У – усилитель;

Д – двигатель;

ДС – датчик скорости.

Рис. 6. Функциональная схема нечеткого управления исполнительным приводом постоянного тока

На основе сравнения сигнала задания скорости и информации о фактической скорости , поступающей с ДС, формируется сигнал ошибки *е*.

Фаззификаторы Ф1, Ф2 преобразуют входные переменных *е* (ошибка рассогласования по скорости), (производная по времени от ошибки) в лингвистические (дискретные) переменные *Ее*,  с помощью функций принадлежности, представленных на рис. 4.

Блок БОИ на основе пятнадцати правил сопоставляет каждой комбинации входных функций принадлежности одну из семи выходных функций (отрицательное большое (NH), отрицательное (N), отрицательное малое (NL), нулевое (Z), положительное малое (PL), положительное (P), положительное большое (PH)).

Дефаззификатор ДФ формирует код, который с помощью ЦАП преобразуется в аналоговый сигнал задания тока (момента) двигателя постоянного тока.

Пропорционально-интегральный регулятор тока РТ обеспечивает настройку контура тока на модульный оптимум. Усилитель У регулирует напряжение на обмотке якоря двигателя Д, обеспечивая соответствие фактической скорости сигналу задания скорости .

Применение алгоритмов на базе нечеткой логики, делает возможным описание высоконелинейных объектов при мини­мальных объемах программных кодов, реализующих желаемые законы управ­ления, и при общем снижении уровня предъявляемых требований к аппарат­ным средствам микропроцессора. Таким образом, применение систем на базе нечеткой логики позволяет существенно снизить затраты на реализацию сис­темы управления в целом за счет применения более простых, а, следовательно, более дешевых микропроцессоров.

Задание к выполнению работы:

1. Ввести в командном окне системы MATLAB команду fuzzy.

2. Открыть файл drive.fis и записать его в рабочую область.

3. Открыть из командного окна системы MATLAB файл drive.mdl.

4. Снять временные диаграммы изменения ошибки рассогласования по скорости, производной по времени от ошибки, напряжения на якоре, противоЭДС и скорости исполнительного двигателя.

5. Исследовать влияние коэффициента усиления Ku на временные диаграммы изменения ошибки рассогласования по скорости, производной по времени от ошибки, напряжения на якоре и скорости двигателя при Ku = 5, 10, 50.

6. Получить временные диаграммы изменения ошибки рассогласования по скорости, напряжения на якоре и скорости двигателя при сигналах задания скорости Uz = 10, 30, 100.

7. Составить отчет по работе.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами: учебное пособие / Е.И. Юревич. СПб.: Издательство СПбГТУ, 2001. 166 c.

2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: учебник / под ред. Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 744 с.

3. Юревич Е.И. Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов / Е.И. Юревич. М.: Машиностроение, 2007. 360 с.