

УДК 510.647

**КОЧЕРГИН ОЛЕГ БОРИСОВИЧ**

**ПОНОМАРЁВ ДАНИИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ**

email: o-kochergin@bk.ru, danila\_1913@mail.ru

*Научный консультант: Конорева Н.А., старший преподаватель  
Россия, Курск, Юго-Западный государственный университет.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ FUZZY-LOGIC В МЕХАТРОНИКЕ**

*В статье рассмотрены общие сведения о нечёткой логике, примеры применения её в мехатронике, обозначена роль fuzzy-logic в современной IT сфере.*

**Ключевые слова:** fuzzy-logic, нечёткая логика, мехатроника, система, робототехника.

В реальном мире большинство окружающих нас явлений и вещей нельзя точно классифицировать. Не все однозначно делится на хорошо и плохо, жару и холод, истину и лож. Поэтому в ходе своей жизнедеятельности человек использует множество нечетких понятий для того что бы дать оценку физическим величинам и явлениям, состоянию объектов и систем на понятном нам приближенном качественном уровне. Однако качественная оценка не обладает свойством точности определения, которое присуще определению при помощи чисел. Одним словом, это значит, что дважды два -это всегда четыре, а вот много это или мало, красиво или не очень зависит от конкретной ситуации и системы оценивания. Формализация таких оценок может основываться на теории нечётких множеств. Понятие нечёткого множества появилось в 1964 году благодаря американскому учёному азербайджанского происхождения Лютфи Заде.[1]

Нечеткое множество отличается от обычного тем, что для элементов  $x$  из  $E$  нет однозначного ответа «да-нет» относительно свойства  $R$ . В связи с этим нечеткое подмножество  $A$  универсального множества  $E$  определяется как множество упорядоченных пар

$$A = \{\mu_A(x) / x\},$$

где  $\mu_A(x)$  — характеристическая функция принадлежности (или просто функция принадлежности), принимающая значения в некотором вполне упорядоченном множестве  $M$  (например,  $M = [0, 1]$ ). Нечеткое множество-ключевое понятие нечеткой логики.[2]

Нечёткая логика (fuzzy logic) — раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующийся на понятии нечёткого множества, как объекта с функцией принадлежности элемента к множеству, принимающей любые значения в интервале от 0 до 1, а не только 1 или 0. На основе этого понятия вводятся различные логические операции над нечёткими множествами и формулируется понятие лингвистической переменной, в качестве значений которой выступают не-

чёткие множества. Говоря проще, состояниями нечеткой логики могут быть не только 1 или 0, но и значения, находящиеся между ними 0,6 или 0,78, или любое другое число находящиеся в интервале от 0 до 1. В двоичной логике, мы можем утверждать только что-то четко определенное, например на улице жарко или на улице холодно, в то же время нечеткая логика позволяет нам говорить, что на улице погода между жаркой и холодной – тёплая или прохладная. То есть с помощью нечеткой логики можно описывать самые различные нечёткости.[3]

Принцип работы системы нечеткой логики следующий. Нечеткая операция предполагает использование нечетких множеств и функций принадлежности. Каждое нечеткое множество представляет собой представление лингвистической переменной, которая определяет возможное состояние вывода. Функция принадлежности является функцией общего значения в нечетком множестве, так что и общее значение, и нечеткое множество принадлежат универсальному множеству. Степени принадлежности в этом общем значении в нечетком множестве определяют выход, основанный на принципе IF-THEN. Принадлежность назначается на основе предположения о выходе с помощью входов и скорости изменения входных данных. Функция принадлежности в основном представляет собой графическое представление нечеткого множества.[4] Благодаря своей схожести элементами человеческого мышления fuzzy logic нашла широкое применение в технике.

Среди наиболее ярких примеров использования fuzzy logic в мехатронике можно выделить три направления: применение в бытовой мехатронике, применение в робототехнике и применение в станках с числовым программным управлением.

Однако, перед тем, как перейти в более подробному рассмотрению данных направлений, необходимо ознакомиться с устройством, благодаря которому осуществляется поддержание установленных уровней заданного параметра, способного к изменениям. Этим устройством является fuzzy(фаззи)-регулятор. Чтобы лучше понять принцип его работы, в качестве примера можно рассмотреть регулирования скорости движения мехатронного модуля исполнительного уровня. В зависимости от разницы между текущей скоростью и необходимой фаззи-регулятор вырабатывает такой сигнал управления силовым электронным устройством(СЭУ), чтобы поддерживать скорость на необходимом уровне [5]. Этапы обработки сигнала фаззи-регулятора представлены на рисунке 1.

Теперь можно рассмотрению трёх вышеупомянутых направлений использования fuzzy logic.

*Fuzzy logic в бытовых мехатронных системах.*

(рис. 1. Обработка сигнала fuzzy регулятора)

Нечёткая логика давно зарекомендовала себя в бытовой мехатронике. В качестве примера можно привести систему управления микроклиматом в помещениях. Она позволяет создать комфортные условия для находящихся в нём людей. В основе системы лежит fuzzy-регулятор, который, учитывая разницу реальных температур и скорость изменения температуры воздуха, регулирует степень нагрева, охлаждения и скорость работы вентилятора. Благодаря использованию нечёткой логики устройство нуждается в менее точной настройке, нежели чем традиционные пропорционально-интегрально-дифференцирующие регуляторы (ПИД-регуляторы) и пропорционально-интегрирующие регуляторы (ПИ-регуляторы). Также, fuzzy-регуляторы обеспечивают более высокую скорость срабатывания и, что немаловажно, большую экономию энергии [6].

Система управления fuzzy-logic получила широкое распространение в производстве бытовой техники. Сейчас устройства, оснащённые данной технологией могут предложить такие компании, как LG, Zanussi, Samsung и многие другие. Например, оборудованная специальными датчиками стиральная машина способна самостоятельно определить степень загрязнения белья, его вес, уровень жёсткости воды и прочее. Кроме того, она способна определять характер загрязнения. На основе всех полученных данных, стиральная машина самостоятельно определяет время стирки, уровень расхода порошка и воды, степень отжима и т.д. Это позволяет снизить потребление воды, что благоприятно скажется на финансах потребителя.

*Fuzzy logic в робототехнике.*

В качестве примера использования нечёткой логики в робототехнике можно рассмотреть принцип работы автоматической установки пожаротушения (АУП) – роботизированной установки пожаротушения. При помощи нечёткой логики система пожаротушения способна анализировать поступающую в неё информацию о возникших факторах опасности (температура, влажность, уровень химических, механических и радиационных повреждений и др.) и на основе этих данных приводить в исполнение тот

или иной заложенный в неё сценарий [7]. В условиях отсутствия связи это может сыграть ключевую роль в спасении людей.

Fuzzy logic также способна решить проблему автоматического управления техническими устройствами такими, как Pioneer 3-DX mobile robot. Благодаря фаззи-регуляторам, которые анализируют информацию, поступающую от ультразвукового датчика, он способен определять, является ли объект впереди препятствием [8].

### *Fuzzy logic в станках с числовым программным управлением.*

В настоящий момент многооперационные станки пользуются широким спросом в промышленном секторе. Они привлекают потребителя тем, что способны длительное время работать без оператора. Система нечёткой логики анализирует уровень вибраций, степень износа детали, степень износа инструмента и многие другие факторы, на основе которых система принимает решения по управлению станком, необходимости смены инструмента, степени обработанности детали и др [9]. Также, немаловажным преимуществом использования многооперационных станков является возможность обработки детали в разных плоскостях.

В заключение хочется отметить, что система нечёткой логики до сих пор является крайне перспективной и важной частью IT мира. Например, на основе fuzzy-logic могут функционировать системы, которые отслеживали бы состояние воды в реках и озёрах. Данная проблема, к сожалению, не теряет своей актуальности, так как анализ воды проводится лишь в специальных лабораториях и занимает несколько дней. Из-за этого вероятность несвоевременного реагирования на загрязнения водоёмов становится небезопасно высокой.

Совмещение нечёткой логики с такими математическими моделями как Machine Learning и искусственные нейронные сети, человек может приблизиться к созданию полноценного искусственного интеллекта. Поэтому данный вопрос заслуживает активного обсуждения научных и инженерно-технических сообществ.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Нечёткая математика. Основы нечётких множеств. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/490254/> (дата обращения: 07.06.2020).

2. Нечёткие множества. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neuronus.com/theory/fl/312-nechetkie-mnozhestva.html> (дата обращения: 07.06.2020).

3. Введение в нечёткую логику. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://digitrode.ru/articles/1242-chto-takoe-nechetkaya-logika-fuzzy-logic-princip-raboty-primery-primeneniye.html> (дата обращения: 06.06.2020).

4. Что такое нечеткая логика (fuzzy logic) и как это можно использовать в трейдинге. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://timing-solution.livejournal.com/68335.html> (дата обращения: 06.06.2020).
5. Грабченко А.И., Введение в мехатронику. [Текст]: учебное пособие /В.Б. Клепиков, В.Л. Доброскок, Г.К. Крыжный – НТУ «ХПИ», 2014. – с. 230-232
6. Булгаков А.Г. Аль Джубури Иссам Мохаммед Али. Нечеткая система управления микроклиматом помещений зданий. //ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ РЕГИОН. –2009. –№3. –с. 31-37
7. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> 07.06.2020).
8. Pioneer 3 Operations Manual with MobileRobots Exclusive Advanced Robot Control&Operations Software. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.inf.ufrgs.br/~prestes/Courses/Robotics/manual\\_pioneer.pdf](https://www.inf.ufrgs.br/~prestes/Courses/Robotics/manual_pioneer.pdf)
9. Тугенгольд А.К., Изюмов А.И., Волошин Р.Н., Соломыкин М.Ю. Нечёткая логика управления состоянием многооперационного станка. // Вестник Донского государственного университета. –2017. –№2. –с. 70-78.

**KOCHERGIN OLEG BORISOVICH**

**PONOMARYOV DANIL ALEKSEEVICH**

email: o-kochergin@bk.ru, danila\_1913@mail.ru

*Russia, Kursk, Southwestern State University.*

*Scientific advisor: Konoreva N.A., Lecturer, South-Western State University*