

УДК 51-75

## ПРОБЛЕМЫ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ»

Акперов И.Г., д.э.н., профессор,

ЧОУ ВО ЮУ (ИУБИП)

Сахарова Л.В., д.ф.-м.н., доцент, Ростовский государственный  
экономический университет (РИНХ), e-mail: [L\\_Sakharova@mail.ru](mailto:L_Sakharova@mail.ru)

**Аннотация:** Проведено исследование имеющихся математических моделей системы «Умный дом», как системы, управляющей в домовладении электронными нагрузками, освещением, безопасностью, климат-контролем, медиаустройствами. Представлен обзор наиболее актуальных устройств, осуществляющих техническую комплектацию системы «Умный дом» для управления электроприборами и средой обитания, в том числе температурой воздуха, уровнем влажности, светом, шумом, а также качеством воздуха, безопасностью и сигнализацией, системами очистки и уборки. Отмечено, что в основе управления всеми этими устройствами и подсистемами, как правило, лежит нечеткая логика [1], а также геймификация ([2], Yu-KaiChou) как использование увлекательных элементов, которые обычно присутствуют в играх, в реальных или продуктивных действиях. Приведен обзор наиболее актуальных современных работ, посвященных нечетко-множественному управлению отоплением, энергосбережением, воротами, освещением, поливом, сигнализацией, видеонаблюдением; особое внимание уделено модели подключенных термостатов на основе геймификации, а также комплексным моделям системы «Умный дом». Вторая часть обзора посвящена теоретическим основам моделирования интернета вещей на основе нечетко-множественных моделей. Рассмотрены алгоритмы управления различными электромеханическими системами с использованием теории нечеткой логики, приведены основные положения их синтеза, рассмотрены методы анализа их устойчивости. Отмечено, что на практике алгоритмы чаще всего реализуются в виде различных регуляторов, в первую очередь, пропорционально-интегрально-дифференцирующих (ПИД) регуляторов и нечетких регуляторов. На конкретных примерах рассмотрены методы формирования логического решения, используемые при проектировании различных типов регуляторов с нечеткой логикой, а также методы настройки таких регуляторов с применением методов интеллектуального анализа данных.

**Ключевые слова:** Умный дом, нечетко-множественное управление, нечеткие регуляторы, интернет вещей.

## **PROBLEMS OF FUZZY - MULTIPLE CONTROL OF THE "SMART HOUSE" SYSTEM**

Akperov I.G.

Sakharova L.V.

**Abstract:** A study of the available mathematical models of the "Smart Home" system, as a system that controls electrical loads, lighting, security, climate control, and media devices in households, has been carried out. The article presents an overview of the most relevant devices that carry out the technical configuration of the "Smart Home" system for controlling electrical appliances and the environment, including air temperature, humidity levels, light, noise, as well as air quality, security and alarms, cleaning and cleaning systems. It is noted that the control of all these devices and subsystems, as a rule, is based on fuzzy logic [1], as well as gamification ([2], Yu-Kai Chou) as the use of fascinating elements that are usually present in games, in real or productive actions. An overview of the most relevant modern works devoted to fuzzy-multiple control of heating, energy saving, gates, lighting, watering, alarms, video surveillance is given; special attention is paid to the model of connected thermostats based on gamification, as well as to complex models of the "Smart Home" system. The second part of the review is devoted to the theoretical foundations of modeling the Internet of Things based on fuzzy-set models. Algorithms for controlling various electromechanical systems using the theory of fuzzy logic are considered, the main provisions of their synthesis are given, methods for analyzing their stability are considered. It is noted that in practice, algorithms are most often implemented in the form of various controllers, primarily proportional-integral-differentiating (PID) controllers and fuzzy controllers. On specific examples, methods of forming a logical solution used in the design of various types of controllers with fuzzy logic, as well as methods for tuning such controllers using data mining methods, are considered.

**Keywords:** Smart home, fuzzy-multiple control, fuzzy regulators, Internet of things.

### **1. Система «Умный дом» и ее комплектующие**

Умный дом - подразумевает под собой систему, управляющую электронагрузками, освещением, безопасностью, климат-контролем,

медиаустройствами. Главное преимущество системы «Умный Дом» в том, что она упрощает повседневную жизнь человека, увеличивает комфортность проживания. Одним из ярких примеров это свет во всем доме можно выключить благодаря голосовому помощнику, не дотрагиваясь до выключателя. Практически безграничные варианты возможных сценариев позволят поставить жилище на сигнализацию, тем самым обесточить все розетки, оставив только пару необходимых, включить музыку, отключить подачу газа, закрыть шторы, урегулировать температуру и со спокойным чувством безопасности покинуть его.

На сегодняшний день существуют ряд представителей, обеспечивающих комплектацию умного дома.

WiFi реле SonoFFWorldOn - WiFi реле для управления любым электроприбором либо устройством со смартфона через интернет [6]. Умная GSM розетка SC1-GSM. Позволяющая включать и выключать оборудование удаленно через смс-команды, голосовой вызов или кнопки на корпусе [6]. Система контроля (датчиков) умного дома Broadlink A1 e-Air - устройство контроля качества среды обитания: температуры воздуха, уровня влажности, света, шума, а также качества воздуха [6]. Универсальный пульт для умного дома BroadLink RM Pro, позволяющий управлять через Wi-Fi или Интернет почти всеми бытовыми приборами, используя для управления Android или IOS устройство: обогревателями, кондиционерами, телевизорами, аудиосистемами и другими приборами, имеющими ИК пульт дистанционного управления [6]. Умная беспроводная Wifi розетка BroadlinkWiFiSmartSocket, позволяющая видеть статус online, а также включать/выключать любой электроприбор через интернет, задавать таймеры для включения/выключения [6].

Дверная сигнализация-стопор с сиреной (сигнальный стопор для двери) DoorStopAlarm, противодействующая злоумышленникам, пытающимся проникнуть в дом посредством сигнала тревоги [6]. Автономный датчик движения с пультами и сиреной FL1770, обнаруживающий движение в

радиусе 8 метров вокруг дома [6]. WiFi Плафон SonoFF: управление освещением через смартфон из любой точки мира [6]. Автономный датчик протечки воды (сигнализация протечки воды) [6]. Система контроля утечки газа Sarsan, предназначенная для установки в помещениях, где используются газовые плиты, газовые котлы или любое другое газовое оборудование [6].

Холодильник SamsungFamilyHub 2.0 - помогает управлять остальной «умной» бытовой техникой Samsung. Приложение SamsungConnect, интегрированное в FamilyHub, расширяет эти возможности: платформа способна объединять и контролировать устройства «интернета вещей», вне зависимости от того, на какой ОС они работают, Android или iOS. Не отрываясь от готовки или общения на кухне, через дисплей FamilyHub пользователи смогут включить стиральную машину AddWash™ или дать команду пылесосу POWERbot™ начать уборку [3].

Климатическая техника – это сфера, в которой дистанционное управление по Wi-Fi уверенно завоевывает позиции. Например, инверторные кондиционеры Haier серий LighteraPremium, LighteraCrystal и Lightera DC-Inverter оснащены этой удобной и современной функцией в качестве стандартной комплектации. Кроме того, входящие в модельный ряд 2017 года неинверторные сплит-системы Lightera, Elegant, Family и Tibio могут быть дооснащены модулем Wi-Fi в качестве опции[3]. Дистанционное управление работой умного водонагревателя REDMOND SkyWaterHeat 802S выполняется с помощью мобильного приложения ReadyforSky. Работая по заданному расписанию, прибор нагреет воду к вашему пробуждению утром и к возвращению вечером после работы или будет поддерживать воду теплой в течение всего дня, если у вас выходной, и вы проводите время дома [3]. EzvizHuskyAir 1080p — камера наблюдения с модулем Wi-Fi, к которой можно подключиться со смартфона. Она передает не только изображение, но и звук, причём в двух направлениях, поэтому вы сможете и наблюдать, и разговаривать [5]. Rubetek RS-3210 — датчик открытия, который уведомит вас об открытии окна или двери [5]. ChipoloClassic — брелок-трекер,

который поможет легко найти вещь, если она где-то завалилась [5]. XiaomiMi LED SmartBulb — эта умная лампочка оснащена собственным модулем Wi-Fi, поэтому умеет напрямую соединяться со смартфоном без помощи шлюза. Нужно только установить приложение MiHomeApp[5].

Умный чайник XiaomiMiSmartKettle - инновационный электрический чайник с возможностью умного управления через смартфон посредством Bluetooth 4.0 соединения. Прибор имеет лаконичный, минималистичный дизайн, двойной корпус и удобную ручку с кнопкой открывания крышки [4]. Очиститель воды XiaomiMiWaterPurifierWhite - С помощью технологии обратного осмоса не только удаляются болезнетворные микроорганизмы и антибиотики, но и вода очищается от примесей тяжелых металлов, накипи. Благодаря четырехуровневой системе фильтрации и многослойному очищению устраняется вероятность вторичного загрязнения [4].

Робот-пылесос XiaomiXiaowaRobotVacuumCleanerLite - домашний помощник, который сделает уборку за вас и помимо этого, раньше, чем вы вернетесь с работы домой [4]. Умные шторы XiaomiAqaraSmartCurtain - Одним лишь легким нажатием на специальный беспроводной выключатель (в комплект не входит), вы сможете открывать и закрывать умные шторы. С помощью смартфона согласно своему ритму жизни, вы сможете самостоятельно установить время, когда шторы должны открыться либо закрыться [4].

## **2. Управление «Умным домом» и его подсистемами на основе нечеткой логики и геймификации**

В основе управления всеми этими устройствами и подсистемами, как правило, лежит нечеткая логика. Это связано с тем, что модели, построенные на нечеткой логике, позволяют более полно описывать все аспекты неопределенности, присущие процессам и вещам в окружающем нас мире. Приведем краткий обзор нечетких моделей реализации Интернета вещей на примере реализации системы «Умный дом». Рассмотрим описанные в

литературе модели управления как отдельными блоками «Умного дома», так и всей системой в целом.

**Управление отоплением.** Предложенная в [7] нечетко-множественная модель, позволяющая автономно, без участия человека контролировать уровень тепла в доме. Система управляет устройством, изменяющим температуру и поддерживающей ее комфортной для жизни. Для реализации модели использована среда VisualStudio 2017 с помощью AForge.NET Framework и библиотеки AForge.Fuzzy. AForge.NET Framework – это среда C#, созданная для разработчиков в области искусственного интеллекта, нейронных сетей, генетических алгоритмов и машинного обучения. Фреймворк состоит из различных библиотек, предназначенных для решения разных задач. В частности, библиотека AForge.Fuzzy предназначена для работы с нечеткими вычислениями.

**Энергосбережение.** В [8] было рассмотрены системы энергоэффективного управления отоплением здания, основанные на нечетких множествах и обеспечивающие поддержание требуемой комфортной температуры воздуха в помещениях на основе оценки и отработки данных от внешних и внутренних условий.

**Ворота.** В[9] предложена система автоматического управления шлагбаумом с использованием интеллектуальных технологий нечеткого вывода и компьютерного зрения. Статья посвящена повышению качества работы системы контроля и управления доступом транспортных средств, основанной на технологии распознавания номерных знаков транспортных средств. Определены факторы, влияющие на достоверность распознаваний и на качество работы системы в целом. Предложены структурная схема интеллектуальной системы управления и алгоритмы совместного функционирования систем компьютерного зрения и нечеткой логики. Разработана оригинальная база правил, учитывающая различные погодные и шумовые факторы, а также особенности работы систем внешней подсветки. Введен критерий оптимальности на основе обучающего множества,

необходимый для подстройки параметров нечеткой системы. Предложенная система является адаптивной и позволяет полностью автоматизировать работу шлагбаума вне зависимости от внешних условий. Дан практический пример реальных погодных условий, ухудшающих качество изображения и снижающих уровень распознавания номеров, и приведена реакция предлагаемой интеллектуальной системы управления. Предложенный подход к построению аппаратно-программного комплекса может служить прототипом для разработки других подсистем контроля и управления доступом.

**Освещение.** В [10] рассмотрены актуальные задачи интеллектуального управления освещением, которые стало возможно решить с помощью использования современных светоизлучающих устройств, вычислительной техники и нечеткой логики.

**Полив.** В [11] на основе проведенного сравнительного анализа в области автоматизированного полива чайной плантации поставлена задача по созданию интеллектуальной системы управления полива чайных кустарников. Предложена архитектура технического, информационного и программного обеспечения для автоматизации процесса полива чайной плантации. С учетом биологических свойств чайного кустарника, водного баланса земельного участка плантации и метеорологических показателей предложена схема автоматизации эффективного полива с применением информационно-измерительных элементов и системы управления. Для моделирования процесса управления полива предложен нечеткий алгоритм с его реализацией на FuzzyLogic (на базе MATLAB).

**Видеонаблюдения.** Система нечетко-множественного управления видеонаблюдением рассмотрена в [12].

**Сигнализация.** В [13] авторами рассмотрена проблема оценки защищенности беспроводной, в том числе автомобильной, сигнализации от несанкционированного доступа. Анализ открытых источников показал, что в настоящее время таких методик не существует. Авторами статьи

предлагается для осуществления количественной и качественной оценки защищенности радиоканала сигнализации от несанкционированного доступа использовать простой и наглядный аппарат нечеткой логики.

**Термостаты.** В работе [14] рассматриваются подключенные термостаты (CTS) часто экономят меньше энергии, чем прогнозировалось, потому что потребители могут не знать, как их использовать, и не заниматься экономией энергии. Кроме того, некоторые модели работают в соответствии с ожиданиями потребителей и, таким образом, используются не так, как они предназначены. В результате CTS экономят меньше энергии и недостаточно используются в домашних хозяйствах. Для экономии энергии в [14] предлагается система геймификации и серьезных игр, адаптированная системой нечеткой логики для мотивации подключенных потребителей термостата. Эта интеллектуальная структура геймификации может быть использована для настройки геймификации и серьезной игровой стратегии для каждого потребителя, чтобы системы нечеткой логики могли быть адаптированы в соответствии с требованиями каждого потребителя. Эта система предназначена для обучения, вовлечения и мотивации потребителей, помогая им экономить электроэнергию при использовании своих термостатов. Описан предлагаемый фреймворк, а также макет, который можно запустить на мобильном телефоне. Хотя эта структура предназначена для реализации в CTS, она может быть переведена на их энергетические устройства в умных домах.

**Комплексные модели системы «Умный дом».** В статье [15] рассмотрены основные аспекты надежности системы «умный дом»: наличие в здании единой системы управления всеми инженерными системами; наличие вычислительных мощностей, достаточных для принятия решений; устранение всего обслуживающего персонала здания и передача функций контроля, принятия решений и выполнения действий «интеллектуальному центру» и его подсистемам; возможность мгновенного отключения компьютерного управления умным домом и передача управляющих функций



человеку; собственная автоматика, обеспечивающая их безопасное функционирование при отключении центрального управления; конфигурация системы должна предусматривать возможность расширения.

В [16] рассматривается алгоритм оптимизации процессов информационного обмена в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, базирующийся на использовании замкнутой экспоненциальной модели сети массового обслуживания и отличающаяся возможностью оперирования нечеткими множествами. Статья [17] посвящена вопросам применения теории нечётких множеств в задаче формирования портфеля проекта «Умный дом». В статье [18] утверждается, что сценарии умного дома – это заранее запрограммированное поведение системы умного дома на то или иное событие. Событием может быть определенное нажатие на клавишу, команда с пульта управления или компьютера, срабатывание таймера и работа по расписанию. Однако наиболее перспективным и сложным является автоматический способ управления сценариями по различным событиям. В работе [19] рассматриваются методы построения и управления интеллектуальным домом на основе таких функций как: оптимизация освещенности, отопления, защита и управление домом дистанционно, при помощи мобильных устройств и специальных брелоков.

Статья [20] посвящена созданию комплексного прикладного решения для управления умным домом на базе Andurino. В [21] даны общие характеристики специализированных интерфейсов, применяемых при проектировании систем «умного дома», а также рассмотрены возможности изучения контроллеров, датчиков и исполнительных устройств, работающих с этими интерфейсами. В [22] приведен обзорный анализ современного состояния инженерных систем, элементов управления, платформ и протоколов передачи данных систем домашней автоматизации; определено направление развития систем домашней автоматизации путем внедрения речевых технологий управления и использования беспроводного протокола передачи данных Z-Wave.

В [23] рассмотрены различные научно-исследовательские работы по широкому спектру методов управления энергией для "умных домов", направленные на снижение потребления энергии и минимизации потерь энергии. Идея умного дома разрабатывается с последующим обзором существующих методов управления энергопотреблением, которые, как правило, работают на основе нечеткой логики, эвристических методов, нейронных сетей и эволюционных алгоритмов.

В [24] предложены общие принципы реализации программно-аппаратного комплекса для интеллектуального управления инженерным оборудованием в системе «умный дом». Принципы заключаются в использовании стандартного оборудования, связанного открытыми протоколами передачи данных, в выделении трех уровней управления (физический, логический и интеллектуальный) и применении распределенной базы знаний, допускающей дистанционное управление.

В статье [25] выполнен анализ нагрузок, формируемых потребителями «умного дома», рассмотрено оборудование для реализации системы управления энергообеспечение «умного дома», приведен анализ возможных схемных решений для энергообеспечения «умного дома».

### **3. Теоретические основы моделирования интернета вещей на основе нечетко-множественных моделей**

В [26] рассмотрен процесс проектирования сложных технических систем (СТС), который является итеративным процессом и который характеризуется значительными затратами ресурсов (финансовых, трудовых, временных), оформлением большого объема документации, а также множеством возникающих рискованных ситуаций. Для надёжного создания СТС необходима интеллектуальная система контроля и предупреждения рискованных ситуаций, которая позволит быстро обработать и проанализировать большие объёмы разнородной информации, выявить рискованные ситуации на этапе проектирования, а также ответить на вопрос типа «Что будет с проектом создаваемой СТС, если на этапе проектирования произойдут какие-либо

изменения...?»). Статья посвящена построению базы знаний интеллектуальной системы контроля и предупреждения рискованных ситуаций в условиях разнородной информации для этапа проектирования СТС критической инфраструктуры. Проведён анализ основных типов моделей представления знаний, применяемых при создании баз знаний. Предложена база знаний, основанная на модульном принципе и использующая обобщённую схему методологии когнитивного и нечёткого когнитивного моделирования. Новыми результатами являются: разработанный модуль обработки исходных данных, позволяющий обрабатывать разнородные данные; представление знаний в базе знаний в виде чётких или нечётких моделей; сценарии развития рискованных ситуаций, связанных с проектированием СТС.

В [27] приводится методика и пример использования возможностей фреймовой модели с применением аппарата нечёткой логики в процедурах-демонах фреймов. Эта методика может послужить основой для разработки информационного обеспечения автоматизированной системы мониторинга.

В [28] рассмотрены математические модели и методы многокритериального выбора лучших решений при нечеткой исходной информации для системы «Умный дом». Приведен способ представления нечетко описанной ситуации репрезентативным вектором, что позволяет уменьшить трудоемкость при отыскании эталона для заданного класса нечетких ситуаций, рассмотрен пример отыскания эталонной ситуации.

В [29] рассмотрены алгоритмы управления электромеханическими системами с использованием теории нечеткой логики, приводятся основные положения их синтеза, рассматриваются методы анализа их устойчивости на основе нечетких функций Ляпунова. Эти алгоритмы чаще всего реализуются в виде различных регуляторов, применение которых целесообразно в системах, математическая модель которых не известна, не детерминирована или является строго нелинейной, как вследствие нелинейных возмущающих воздействий внутри структуры, так и вследствие воздействия внешних сил.

Описаны основные методы формирования логического решения, используемые при проектировании различных типов регуляторов с нечеткой логикой, предложенные Заде, Мамдани, Такаги, Сугено и Менделем, приводится типовая структурная схема таких регуляторов в общем виде. Особенности применения данных регуляторов при управлении различными техническими объектами позволяют провести их классификацию по различным признакам: топологиям структур, методам формирования лингвистических правил, методам дефаззификации, типам функций принадлежности. Представлены методы настройки таких регуляторов с применением генетических алгоритмов и нейронных сетей, описаны наиболее используемые критерии оптимальности. Показано, что экспертный подход на основе нечеткой логики применим как при управлении различными координатами информационных подсистем робототехнических комплексов, так и при управлении силовыми ключами их энергетических подсистем. При обзоре публикаций упор делался на источники, содержащие сравнение с традиционными подходами к управлению, а также на источники, в которых теоретические исследования подтверждаются экспериментами с использованием различных электромеханических объектов. Статья может быть полезна специалистам и исследователям в области управления различными техническими объектами.

В работе [30] приводятся *результаты взаимодействия классического и нечеткого регуляторов автоматизированной системы управления. За основу взяты классический ПИД-регулятор и нечеткий регулятор, база правил которого может быть сформирована в автоматическом режиме. Рассмотрен стандартный алгоритм нечеткого вывода Мамдани, на основе которого предложен гибридный алгоритм формирования базы правил нечеткого регулятора, позволяющий получать желаемое управление в зависимости от степени сложности решаемых задач. Ключевым отличием предлагаемого гибридного алгоритма является изменение основных этапов нечеткого вывода, реализуемых в стандартном алгоритме Мамдани, в*

частности, первым этапом является этап фаззификации, вторым – этап формирования базы правил нечеткого регулятора. Таким образом, на вход нечёткого регулятора поступает информация, которая представляет собой измеренные выходные величины, получаемые непрерывно в процессе работы системы управления с классическим регулятором. Приведена структурная схема гибридной системы управления для разрабатываемого алгоритма. Построенная нечеткая модель управления на основе гибридного алгоритма менее зависима от знаний эксперта в предметной области и использует в качестве знаний такие переменные как отклонение системы, скорость изменения отклонения и управляющее воздействие на объект, полученные при моделировании системы с применением классического регулятора. При этом для синтеза ПИД-нечеткого регулятора достаточно только двух входных переменных и одной выходной. Графически продемонстрирован принцип работы разработанного алгоритма, в графическом редакторе FIS показана работа нечеткой модели управления на основе гибридного алгоритма с общим логическим выводом в четыре этапа (фаззификации, нечёткого вывода, композиции, дефаззификации).

В работе [31] предложен алгоритм настройки систем типа Мамдани, использующий для подстройки правил нечёткого логического вывода принцип пропорционально-интегрального регулятора с ограниченной интегральной составляющей. Для уменьшения времени подстройки по сравнению с пропорциональным регулятором и уменьшения величины перерегулирования, по сравнению с пропорционально-интегральным регулятором с теми же значениями коэффициентов интегральной и пропорциональной составляющих, используется ограничение интегральной составляющей. Достоинство разработанного алгоритма заключается в возможности осуществления локальной подстройки без полного набора данных области определения входных переменных и соответствующих им значений отклика системы. В качестве приоритетного направления дальнейших исследований рассматривается адаптация применения

алгоритмов для функций принадлежности других (отличных от гауссовых) типов. Эффективность алгоритма подтверждена результатами его сопоставления с алгоритмами подстройки систем нечёткого логического вывода на основе нечётких нейронных сетей и нечёткой кластеризации при решении идентичных задач.

При решении задач управления в условиях неопределённости применяется теория принятия решений, а для формализации параметров теория нечётких множеств и теория возможностей. Так как классические методы теории автоматического управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, то в материалах данной работы [32] предлагаются нечёткие методы управления для систем с неполной априорной информацией и высокой сложностью объекта управления. Рассматривается структурная схема системы автоматического управления на базе нечёткой логики. Так как процесс общего логического вывода занимает центральное место в системах автоматического управления на базе нечёткой логики, то уделено внимание формализации этого процесса. Приведены основные этапы нечёткого логического вывода: формирование базы правил; фаззификация; агрегирование; активизация; аккумулялирование и дефаззификация. Приведено краткое описание назначения этих этапов и решаемых задач, а также формальное определение нечёткого продукционного правила. Приведены конкретные примеры работы с нечёткими значениями.

Целью и задачами работы [33] состоят в разработка нечеткой модели управления производственными объектами, функционирующими в условиях априорной неопределенности, с последующей оценкой ее точности. *Решение задачи управления при применении классической теории управления в условиях неопределённости не позволяет обеспечить эффективное управление производственными процессами, функционирующими в условиях априорной неопределенности, и приводит к снижению точности результатов управления. Классическая теория управления не может*

*учитывать неопределенность, а для многих трудноформализуемых производственных объектов управления невозможно найти точную математическую модель.* Решение поставленных задач в материалах статьи осуществлено следующим образом. Приведено обоснование применения методов теории нечетких множеств и нечёткой логики для управления производственными процессами, функционирующими в условиях априорной неопределенности. Разработана структура нечёткой модели, отличающаяся использованием оценки её эффективности. Определена последовательность действий при проектировании нечеткой модели управления производственными объектами. Рассмотрено назначение блоков модели. В качестве примера разработки нечёткой модели управления взят процесс управления температурой в камере для выпечки хлеба, что является актуальной задачей. Определены входные и выходные переменные, заданные на вербальном уровне, рассмотрено формирование экспертами правил принятия решений и приведен пример задание функций принадлежности нечётких переменных. Рассмотрены особенности вывода управляющего решения. Показан анализ результатов экспериментального исследования, направленных на подтверждение гипотезы о целесообразности применения нечетких методов для решения задач управления производственными объектами, функционирующими в условиях априорной неопределенности. Результатом данной статьи является развитие системного подхода к решению задач управления термическими процессами, характерными для нефтеперерабатывающего, химического, металлургического, энергетического и пищевого производств в условиях неопределённости.

Статья [34] посвящена рассмотрению вопросов применения в системах управления контроллера нечёткой логики и анализу существующих методов исследования в области интеллектуальных технологий управления для решения задач адаптации применяемых моделей и алгоритмов к различным объектам и системам, в частности к системам поддержания параметров микроклимата среды жизнеобеспечения здания, а также определения базовых

параметров повышения экономической эффективности использования контроллера нечёткой логики в системе управления.

В работе [35] описано использование нечеткого регулирования в различных системах регулирования параметров технологических процессов, в частности, в системах, где объектом регулирования являются помещения, в которых необходимо регулировать параметры микроклимата. Для доказательства преимуществ использования нечеткой логики в программном комплексе MATLAB Simulink была составлена термодинамическая модель зернохранилища, которая позволяет смоделировать изменение температуры воздуха при использовании активного вентилирования в процессе сушки зерна, в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

В статье [36] рассмотрена система автоматизированного управления режимами поддержания желаемого климата в жилых помещениях. Комфортные условия главным образом определяются температурой воздуха внутри помещения. Для эффективного регулирования температуры (отопление, вентиляция и кондиционирование) предлагается нечеткий регулятор. Регулирование системы кондиционирования воздуха на основе нечеткой логики имеет преимущество по сравнению с традиционным регулированием с использованием ПИД-регулятора по трем основным критериям, а именно: робастности, скорости срабатывания и экономии энергии.

В [37] рассмотрена модель системы вентиляции с учетом неравномерности тепловой нагрузки и газового состава воздушной среды. Предложены методы разработки интеллектуальных систем управления для электроприводов систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

В результате работы [38] были получены переходные процессы, для которых были определены показатели качества. Сопоставление и анализ полученных результатов позволили сделать заключение о преимуществах одного регулятора перед другим.



**Выводы.** В настоящее время нечеткая логика оказывает большое влияние на нашу повседневную жизнь, упрощая её и делая обычные повседневные вещи гораздо приятнее и удобнее, для того чтобы сегодняшний день можно было называть будущим, ведь в нём находятся такие системы и приспособления, которые упрощают нашу жизнь. Но всё же не всё так просто как казалось на первый взгляд, все данные устройства и системы зависят от своего производителя и если иметь по одному приложению на смартфоне от каждого производителя то со временем память телефона будет забита различными приложениями для «умного дома», по этому лучшим решением - это подстроить один интерфейс умного дома с помощью которого пользователь сможет кастомизировать (изменять) и удовлетворять свои потребности и запросы в одной обустроенной системе, которая снабжена совокупностью умных приборов.

#### Библиографический список

1. Нечёткая логика и нечёткие множества и их отец Люффи Заде. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Нечёткое\_множество. – Yu-kai Chou, Actionable Gamification, 2014 – 2016. – 440 p.
3. <http://irvispress.ru/catalog/v-dome-i-sadu/umnyj-dom/smart-home-smart-tech/>
4. <https://gooosha.ru/umnaya-kuxnya-top-15-bytovyx-priborov-kompanii-xiaomi-2018-goda/>
5. <https://www.mvideo.ru/obzor-gadzhetrov-dlya-umnogo-doma>
6. <https://smartdomus.ru/umnyj-dom/umnaya-dacha.html>
7. В.Р. Кристаллинский, А.А. Голубенцов. Нечеткая модель управления системой управления в умном доме. – С. 47-52.
8. Куанышбаева Э.Т. Разработка и исследование системы интеллектуального управления энергоснабжением здания. – 2020. – С. 88.
9. Амосов О.С., Баена С.Г., Иванов Ю.С., Со Х. Система автоматического управления шлагбаумом с использованием технологий нечеткого вывода и компьютерного зрения // Интернет-Журнал «Науковедение» – 2017. – Том 9. – №1.
10. Аваян Т.Г., Зубов Д.В., Парамонов Е.А. Актуальные задачи интеллектуального управления освещением // Известия МГТУ «МАМИ» – 2014. – Т.3, № 4(22). – С. 57-58.
11. Дж.Ф. Мамедов, Р.О. Нариманова. Разработка интеллектуальной системы полива для выращивания чайной плантации // Вестник ТГТУ. – 2020. – С. 234-242.

12. С.В. Бухарин, А.В. Мельников, Д.Н. Черников. Предварительная кластеризация средств видеонаблюдения на основе нелинейного и нечетко-множественного показателей качества // Вестник Воронежского института МВД России. – 2018. – № 3. – С. 23-34.
13. А.А. Гавришев, В.А. Бурмистров, Д.Л. Осипов. Оценка защищенности беспроводной сигнализации от несанкционированного доступа на основе понятий нечеткой логики // Прикладная информатика. – 2015. – Т. 10, № 4. – С. 62-69.
14. Ponce, P Meier, A Méndez, Ji Lawrence Berkeley National Laboratory // Journal Of Cleaner Production. - 2020.P.40
15. Рычкова В.А. Надежность Системы «Умный Дом» как основного критерия эффективности функционирования объекта // Вестник науки и образования. – 2019. – № 4-2. – С. 31-34.
16. Еременко В.Т. Информатика, Вычислительная техника и управление. – 2017. – С. 146-151.
17. Применение теории нечётких множеств к задаче формирования портфеля проектов.
18. Берчук Д.Ю., Журавлев Д.В. Применение нечеткой логики для управления сценариями системы «Умный Дом» // XIX Международная научно-практическая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ». Секция 7: Информатика и управление в технических системах. – С. 254-255.
19. Аверин А.И. Интеллектуальное управление домом. «Умный Дом»
20. Кузнецов И.М. Iot и системы управления Умным Домом // ОГАРЁВ-ONLINE. – 2017. – № 2.
21. Шишов О.В., Бобров М.А. Специализированные интерфейсы в системах «Умного Дома» // ОГАРЁВ-ONLINE. – 2014. – № 3 (17).
22. А.К. Алимуратов, П.П. Чураков, Ю.С. Квитк. Устройство голосового управления системой домашней автоматизации Z-Wave // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2014. – № 2. – С. 48-57.
23. <https://Swsu.Ru/Sbornik-Statesy/Metody-Regulirovaniya.Php>
24. Д.В. Байгозин, Д.Н. Первухин, Г.Б. Захарова. Разработка принципов интеллектуального управления инженерным оборудованием в системе «Умный Дом» // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. № 5. – С. 168-172.
25. В.Ю. Карницкий, С.В. Ершов, А.Ю. Рюмов. Особенности энергообеспечения системы «Умный Дом» // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. № 12-1. – С. 134-140.
26. С.М. Ковалев, А.Е. Колоденкова. Построение базы знаний интеллектуальной системы контроля и предупреждения рискованных ситуаций для этапа проектирования

сложных технических систем // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4. – С. 398-409.

27. А.Э.Ермилов, П.В.Мисевич. Применение фреймовой модели и нечёткой логики в основе построения инструментариев автоматизированных систем мониторинга // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2015. – № 1 (108). – С. 71-76.

28. В.М. Глушань, В.П. Карелин, О.Л. Кузьменко. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 106-113.

29. Р. Стжелецкиа, Г.Л. Демидова, Д.В. Лукичев, Н.А. Поляков, А.А. Абдуллин, С.Ю. Ловлин. Алгоритмы управления электромеханическими объектами с использованием регуляторов на основе нечеткой логики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 1-14.

30. В.В. Игнатъев, О.Б. Спиридонов. Гибридный алгоритм формирования базы правил нечеткого регулятора // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – С. 177-185.

31. М.С. Голосовский, А.В. Богомолов, Д.С. Терёбов, Е.В. Евтушенко Алгоритм настройки системы нечёткого логического вывода типа Мамдани // Вестник Южно-Уральского университета. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2018. – Т. 10, Вып. 3. – С. 19-29.

32. В.И. Финаев. Перспективы решения задач управления в условиях неопределённости // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – С. 79-86.

33. В.И. Финаев, Е.Д. Синявская, И.В. Пушнина. Нечеткая модель управления температурой в хлебопекарной камере // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 4 (165). – С. 149-159.

34. С.В. Шилкина, Е.Н. Фокина. Контроллер нечёткой логики в управлении технологическими процессами // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15 № 1. – С. 106-114.

35. Юран С.И., Вершинин М.Н. Совершенствование системы регулирования микроклимата на основе нечеткой логики // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 9 (100). – С. 33–45.

36. А.Г. Булгаков, Аль Джубури Иссам, Мохаммед Али. Нечеткая система управления микроклиматом помещений зданий // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2009. – № 3 (151). – С. 31-37.

37. Д.А. Благодаров, А.А. Костин, Ю.М. Сафонов, А.С.Тарасов Интеллектуальные методы управления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2013. – № 6. – С. 70-73.

38. Надеждин И. С., Горюнов А. Г. Системы управления нестационарным объектом на основе Мрс-Регулятора и пид-регулятора с нечеткой логикой // Управление большими системами. – 2018. – Вып. 75. – С. 50-75.