

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.89

КОНТРОЛЛЕР НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

С.В. Шилкина, Е.Н. Фокина

Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),

г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Современный этап развития связан с разработкой и внедрением интеллектуальных систем и технологий, предусматривающих формирование четких решений на основе нечетких правил, нечеткого вывода, нечёткого управления.

Методы и материалы. Классические методы управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, а для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления оптимальными являются нечеткие методы управления. Процесс принятия решений человеком по управлению технологическими процессами моделируется и имитируется нечетким контроллером с базой правил. В последние годы «нечеткий» контроль был успешно использован для управления и эксплуатации ряда систем.

Обсуждение и результаты. Данная статья 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.

Заключение. Анализируемые методы управления на основе нечеткой логики применимы к различным технологическим объектам и системам. В качестве дальнейшего исследования планируется рассмотрение вопросов нечеткого управления различными системами жизнеобеспечения современного здания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интеллектуальные технологии, методы нечёткой логики, управление, контроллер, регулятор, исполнительный механизм, алгоритм.

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения уровня автоматизации интеллектуальных функций человека-оператора, участвующего в управлении при эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами и производствами, необходимо использовать современные на-

ботки и достижения информатики в области интеллектуальных технологий управления. В настоящее время широкое применение в системах управления получили методы нечеткой логики, нейронные сети, генетические алгоритмы и ряд других информационных технологий.

Вопросы применения в системах управления контроллера нечёткой логики (КНЛ) в настоящее время достаточно актуальны. Преимущества использования методов нечёткой логики активно обсуждаются в течение ряда последних лет. Плюсы внедрения интеллектуальных технологий связываются с улучшением функционирования инженерных систем и оборудования, ростом производительности по сравнению с системами, использующими классические регуляторы [1, 2, 3, 4].

В последние годы управление на основе нечеткой логики использовалось для эксплуатации ряда систем, в том числе для систем управления технологическими параметрами производственных объектов [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Как происходит использование технологии метода нечёткой логики? Предварительно процесс принятия решений человеком моделируется и имитируется нечетким контроллером с базой правил. Выбор функции принадлежности, воспроизводящей максимальную производительность в качестве субъективного решения, тесно связан с нечеткой характеристикой управления. Нечеткие правила управления и функции принадлежности, как правило, можно найти с помощью эвристических методов проб и ошибок. Анализ ряда работ [5, 6, 9, 10, 11] показал, что полученные исследования связаны с сопоставлением результатов использования классического PID-регулирования относительно КНЛ. Было доказано, что КНЛ имеет лучшие результаты по многим исследуемым показателям и практическим приложениям. Он широко используется в системах со сложными нелинейными характеристиками. Например, при управлении мобильными роботами на основе нечётких моделей в военном деле, управлении дронами в мирных и военных целях, при использовании роботов в быту. КНЛ успешно контролирует параметры микроклимата в производствах пищевой промышленности, агропромышленного комплекса, биогенной инженерии и др. [8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20]. Авторы данной статьи предлагают рассмотреть в качестве объекта управления современное здание, оснащенное комплексом систем жизнеобеспечения, одна из которых – система поддержания параметров микроклимата. Предлагается провести исследование системы управления сложным объектом, функционирование которого характеризуется множеством переменных параметров. Проведение исследования объекта традиционными методами математического

анализа имеет недостатки, поскольку возможны трудности при выводе математических моделей, учитывающих весь набор переменных, а также имеются ограничения производительности при использовании традиционных методов управления [2, 3, 4]. Поскольку сложно найти универсальную математическую модель под разные типы, структуры, конструкции, технологии и/или ориентацию объекта, производительность обычных контроллеров идет на компромисс удобству. Интеллектуальные системы могут помочь избежать этих проблем в связи с отсутствием необходимости определения сложной модели процесса [2,3]. Этот факт является общим нововведением при разработке автоматизированных систем управления. Основным преимуществом нечеткого управления является отсутствие необходимости в определении или идентификации сложной модели процесса, а использование адаптивных свойств регулятора посредством корректировки экспертной базы знаний технологом в процессе работы без использования профессиональных знаний в области теории управления позволяют совершенствовать и оптимизировать работу регулятора в условиях полной или частичной информационной неопределенности [5,6]. Благодаря данному преимуществу контроллеры на основе нечеткой логики были реализованы в системах управления ряда промышленных предприятий [8,9, 10, 11,18, 19, 20]. В последние годы многие сложные производственные процессы, а также бытовые приборы успешно контролируются с использованием нечеткой логики [7, 8].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Теория нечёткой логики связана с именем Лотфи Заде, её основателем, свой научный подход он описал в 1973 г. в работе «Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes», опубликованной в журнале IEEE Transactions on Systems. Результатом явилось успешное внедрение изложенных принципов для усовершенствования системы управления сложным производственным процессом. Но при всех заслугах Л. Заде не менее важный вклад внесли и последователи этой теории. Первый алгоритм на нечеткой логике реализовал в 1975 г. английский математик Е. Мамдани (Ebrahim Mamdani) в системах нечеткого вывода. Ал-горитм был предложен в качестве метода для управления паровым двигателем. Наи-большее распространение также получили следующие алгоритмы: алгоритм Цукамото;

алгоритм Ларсена; алгоритм Сугено и др. [1, 3, 4]. Остановимся на алгоритме Мамдани. Алгоритм Мамдани (Ebrahim Mamdani), основанный на нечетком логическом выводе, позволил избежать чрезмерно большого объема вычислений, он был по достоинству оценен специалистами. Этот алгоритм в настоящее время получил наибольшее практическое применение в задачах нечеткого моделирования [12, 13].

Нечеткая переменная – это кортеж вида $\langle \alpha, A \rangle$, где:

α – имя нечеткой переменной;

X – её область определения;

A – нечеткое множество на универсуме X .

Данный алгоритм описывает несколько последовательно выполняющихся этапов, соответствующих диаграмме деятельности процесса нечеткого вывода: формирование базы правил, фазификация, агрегирование подусловий, активация подзаключений, аккумулярование заключений, дефазификация [1, 2, 3, 4]. При этом каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге. Специфика алгоритма в том, что он работает по принципу «черного ящика», как в кибернетике. На вход поступают количественные значения, на выходе формируются выходные переменные. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств. При исследовании можно манипулировать привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода. Для реализации алгоритма применяется объектно-ориентированный подход [1, 3, 4]. Исходный код записывается на языке программирования Java. Правила (Rule) состоят из условий (Condition) и заключений (Conclusion), которые в свою очередь являются нечеткими высказываниями (Statement). Нечеткое высказывание включает в себя лингвистическую переменную (Variable) и терм, представленный нечетким множеством (FuzzySet). На нечетком множестве определена функция принадлежности, значение которой можно получить с помощью метода `getValue`. Этот метод определен в интерфейсе `FuzzySetInterface`. При выполнении алгоритма необходимо воспользоваться «активизированным» нечетким множеством `ActivatedFuzzySet`, переопределяющим функцию принадлежности нечеткого множества `FuzzySet`. Также в алгоритме используется объединение нечетких множеств (`UnionOfFuzzySets`), которое имеет функцию принадлежности, определенную в

`FuzzySetInterface`. Алгоритм Мамдани включает в себя все этапы, перечисленные выше, и использует базу правил (`List<Rule>`) в качестве входных данных. Также алгоритм предполагает использование «активизированных» нечетких множеств (`ActivatedFuzzySet`) и их объединений (`UnionOfFuzzySets`). Таким образом, этапы нечеткого вывода выполняются последовательно. И все значения, полученные на предыдущем этапе, могут использоваться на следующем [3, 4, 12, 13].

Для успешного применения на практике алгоритмов управления они должны быть достаточно простыми для реализации и понимания. По последним данным, большинство японских предприятий всё ещё используют обычные PID-контроллеры. Кроме того, алгоритмы должны обладать способностью к обучению, гибкостью, устойчивостью, нелинейностью. Алгоритмы, основанные на нечёткой логике, обладают некоторыми из указанных свойств, благодаря чему они и получили в настоящее время достаточно широкое распространение.

Для многих производственных процессов сложно обеспечить точное управление. Технологические производственные процессы обычно являются многомерными, нелинейными, изменяются во времени и пространстве. Управление на основе нечёткой логики может успешно применяться именно для таких сложных процессов. Кроме того, нечёткие контроллеры могут работать с трудно формализуемыми и не полностью определёнными системами потому, что для них, в отличие от традиционных адаптивных контроллеров, не требуется строгая математическая модель объекта управления. Преимуществом нечётких контроллеров является и то, что они могут быть легко реализованы на цифровых или аналоговых элементах систем документооборота СБИС. Нечётко-логический контроллер разрабатывается по лингвистическим правилам, что тесно связано с технологией, основанной на знаниях. Построение систем интеллектуального управления по данной технологии предполагает выполнение следующих этапов [1, 3, 4, 5]:

- определение входов и выходов создаваемой системы управления;
- задание для каждой из входных и выходных переменных функции принадлежности;
- разработка базы нечётких правил;
- выбор и реализация алгоритма нечёткого логического вывода;
- анализ процесса управления созданной системы.

Функции принадлежности, определённые на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки, каждого правила. Алгоритм Мамдани и многие другие алгоритмы нечеткого вывода уже реализованы в таких продуктах, как Fuzzy Logic Toolbox (расширение для MatLab), fuzzyTECH и многих других [12, 13]. Поэтому детальное рассмотрение алгоритма в статье носит больше теоретическую ценность, чем практическую. Однако заметим, что, только имея под собой прочный фундамент из знаний и понимания основ работы алгоритма, появляется возможность применять его с максимальным эффектом. Не смотря на множество преимуществ КНЛ имеет и недостаток, заключающийся в непосредственном участии технолога в процессе управления. Следовательно, успех реализации контроллера зависит от опыта оператора.

Рассмотрим подробнее принцип работы КНЛ. Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: показания измерительных приборов фаззифицируются, обрабатываются, дефаззифицируются [3, 4]. Формально алгоритм Мамдани может быть определен следующим образом:

- Формирование базы правил систем нечеткого вывода.
- Фаззификация входных переменных.
- Агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций.

- Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций.

- Аккумуляция заключений в нечетких правилах продукций

- Дефаззификация выходных переменных.

Структурная схема системы управления с нечеткой логикой представлена на рисунке 1.

Рассмотрим подробнее структуру системы. Фаззификация – процесс преобразования обычных четких переменных в нечеткие. Диапазон изменения переменной разбивается на множества (подмножества), в пределах каждого из которых строится функция принадлежности переменной каждому из множеств. Чаще всего функции принадлежности имеют треугольную, наиболее распространенную форму, хотя в общем случае они могут быть любыми исходя из смысла решаемой задачи [1, 3, 4]. Для нечетких множеств существует общепринятая система обозначений. Для выполнения функции регулирования над нечеткими переменными должны быть выполнены операции, построенные на основании высказываний оператора, сформулированных в виде нечетких правил. Совокупность нечетких правил и нечетких переменных используется для осуществления нечеткого логического вывода, результатом которого является управляющее воздействие на объект управления. Согласно исследованиям, проведенным в производственных условиях [8, 9, 10, 11], технологический процесс автоматически подстраивался

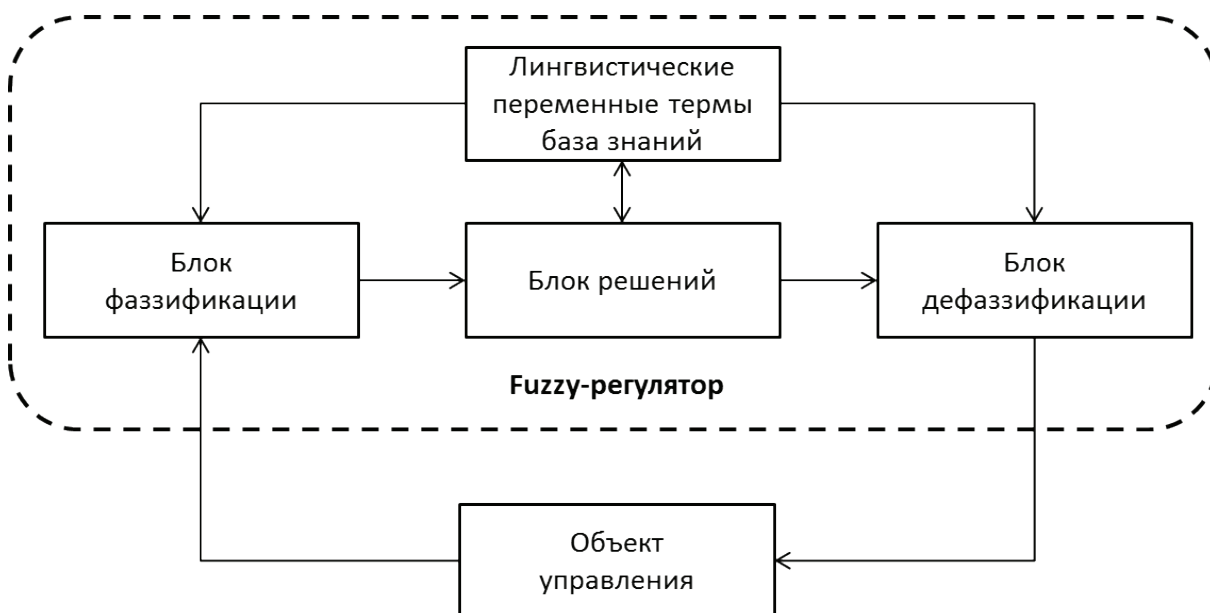


Рисунок 1 – Структурная схема системы с нечеткой логикой
Figure 1 – Block diagram of the system with fuzzy logic

под температурные условия функционирования, и система проявляла свойство адаптивности. Нечеткий регулятор на объекте повысил уровень автоматизации управления за счет автоматизации интеллектуальных функций технолога, ведущего процесс в условиях ис-

пользования обычного многоканального регулирования параметров процесса. Интересные результаты экспериментов и сравнительного анализа PID-регулятора и КНЛ представлены на рисунках 2, 3.

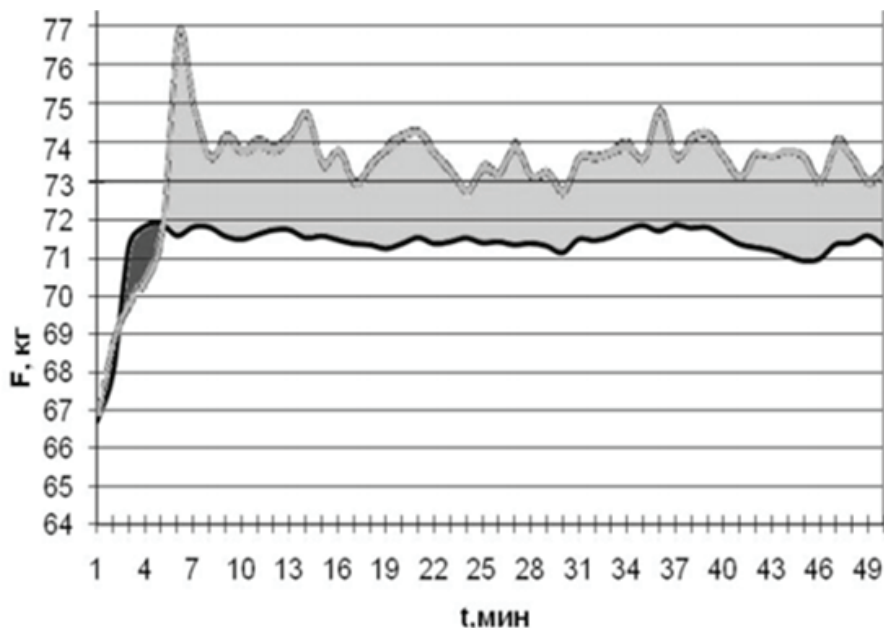


Рисунок 2 – График переходного процесса изменения расхода пара
Figure 2 – Transition scheme of the process in steam consumption changing

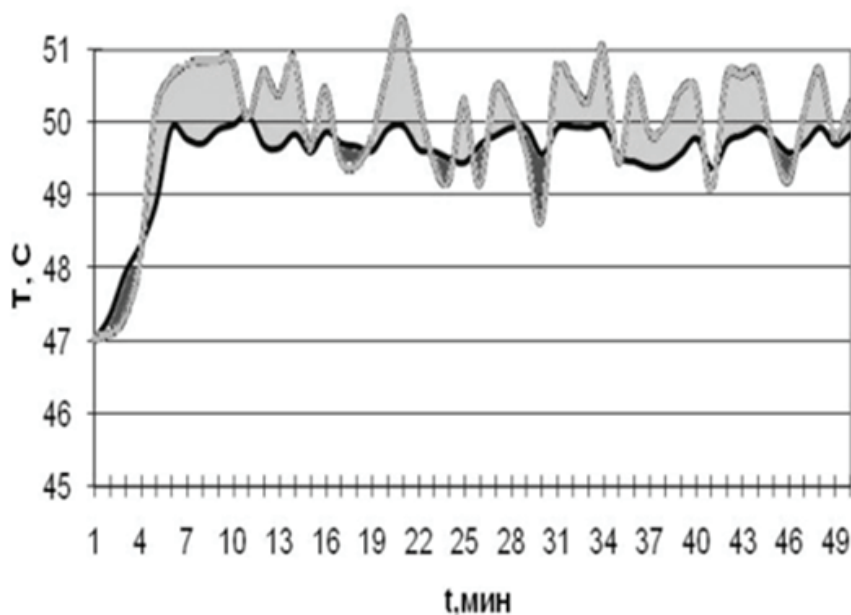


Рисунок 3 – График переходного процесса изменения температуры
Figure 3 – Transition scheme of the process in temperature changing

Графики изображают переходные процессы: верхние кривые для PID-регулятора, нижние – для нечетких регуляторов [8, 9, 10, 11]. Согласно графикам нечеткий регулятор обеспечивает более устойчивое и мягкое управление по сравнению с PID-регулятором. С недостатками при PID-регулировании связано снижение интенсивности течения технологического процесса вследствие значительных амплитудных колебаний, а также увеличение расхода пара в среднем на 10% на поддержание той же температуры. Система управления на базе нечеткого регулятора с лингвистической обратной связью и автоматической модификацией продукционных правил позволяет в среднем снизить затраты электроэнергии на 8% и энергоресурсов на 10% [11, 12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим применение КНЛ для системы управления поддержания параметров микроклимата как частный случай комплекса систем жизнеобеспечения здания [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Для описания были выбраны основные энергоемкие параметры микроклимата системы жизнеобеспечения:

- температура внутренней среды;
- влажность воздуха внутри помещений;
- качественный состав воздуха (на примере углекислого газа – CO);

- внешние возмущающие факторы (воздействие окружающей среды);

- внутренние возмущающие факторы объекта (управляющие параметры).

По результатам исследований основных параметров объекта авторами предложена система нечеткого управления параметрами микроклимата рассматриваемого объекта управления. Общая структура системы нечеткого управления параметрами микроклимата представлена на рисунке 4.

ОБСУЖДЕНИЯ

С целью создания адаптивной системы управления микроклиматом комплекса предложено использовать нечеткий регулятор. Дальнейшие задачи разработки интеллектуальной системы связаны с получением результатов моделирования в среде Matlab Simulink. Предполагается учёт анализа особенностей объекта автоматизации, разработка материального и теплового балансов, комплексное исследование взаимосвязей систем регулирования температуры, влажности, концентрации углекислого газа в помещении с учетом многосвязности параметров, а также внешнего и внутреннего воздействия на объект. Центральным вопросом является постановка задачи управления, осуществление этапов исследования: фаззификации; формулирования

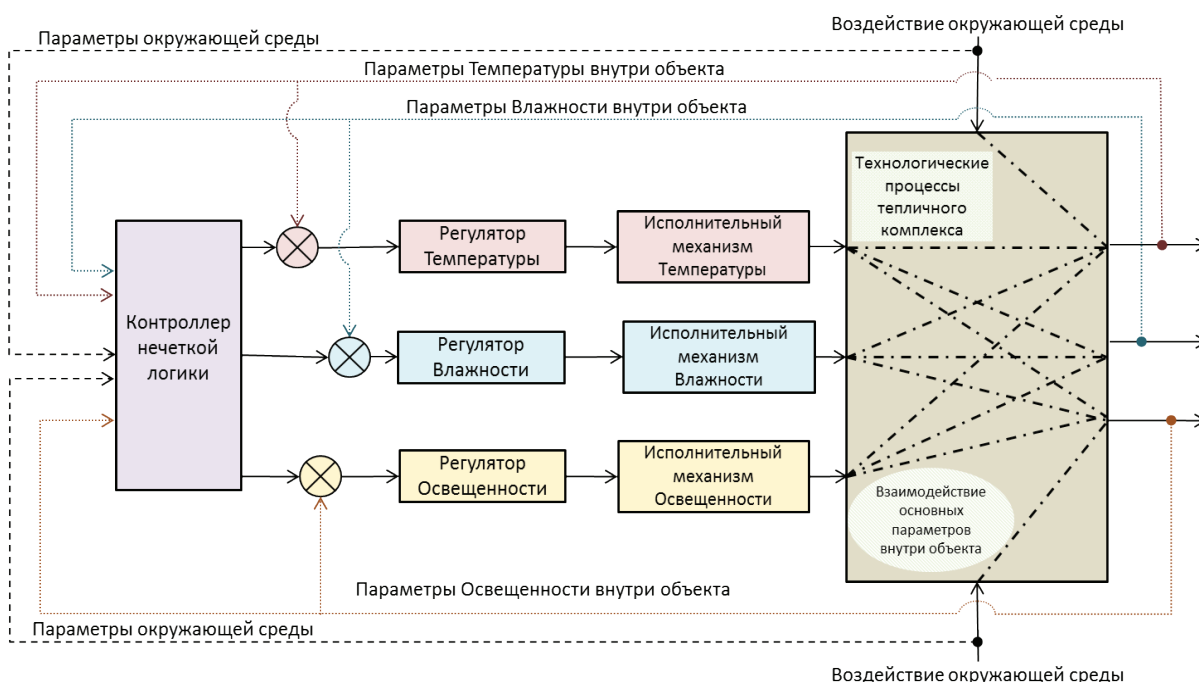


Рисунок 4 – Система нечеткого управления жизнеобеспечения объекта
Figure 4 – The system of fuzzy support of the object

базы правил; определения алгоритма нечеткого вывода; дефаззификации; реализации алгоритма нечёткого управления для системы жизнеобеспечения здания. Также одной из тактических задач авторами считается проведение комплексного сравнительного анализа различных систем управления для поддержания параметров микроклимата: PID-регулятора, КНЛ и комбинированной системы.

ВЫВОД

Таким образом, согласно обзору и анализу исследований в области применения методов нечёткой логики и несмотря на имеющиеся недостатки нечётких систем, связанные с необходимостью учёта опыта эксперта-технолога при построении регуляторов, с необходимостью большой производительности микроконтроллеров, за нечёткой логикой перспективное будущее. Использование нечётких регуляторов позволяет: добиться лучших результатов по сравнению с классическими регуляторами, даёт возможность определить параметры повышения экономической эффективности при использовании контроллера нечёткой логики в системе адаптивного управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов А.И. Теория принятия решений. Москва. 2004. 656 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Москва : Вильямс, 2008. 1104 с.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва. Горячая Линия, Телеком, 2013. 384 с.
4. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления. Москва. Радиотехника, 2009. 387 с.
5. Shepherd A.B., Batty W.J., Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities, Building Service Engineering Research and Technology. no. 24 (2003), pp. 35 – 45.
6. Садовничий В.А. Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности. Москва. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2009. 232 с.
7. Цюй Дуныоз Управление мобильным роботом на основе нечётких моделей. Современные проблемы науки и образования. 2007. № 6 С. 115 – 121.
8. Алиев Р.А. Управление производством при нечёткой исходной информации, Москва, Энергоатомиздат, 1991.
9. Пешко М.С. Адаптивная система интеллектуального управления параметрами технологических процессов в пищевой промышленности. Омский научный вестник. 2015. № 2 (140). С. 118 – 122.
10. Пешко М.С. Задача фазификации параметров процесса вегетации при построении нечеткого регулятора. Омский научный вестник. 2013. № 2 (120). С. 290 – 293.
11. Колязов К.А. Энергосберегающая система управления на основе нечеткого алгоритма. [Энергоэффективность и энергобезопасность на предприятиях промышленности и жилищно-коммунального хозяйства] Уфа : АН РБ; Гилем, 2010. С. 119 – 123.
12. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. Санкт-Петербург. БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
13. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва. Горячая линия–Телеком, 2007. 288 с.
14. Shilkina S.V., Trusov A.A. The Effectiveness of implementing automated ventilation system in premises intended for public use [International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2014)]. A Science and Technology Multidisciplinary Journal, <http://ciencia-e-tecnica.org/submit.html>, 2014. Applied Mechanics and Materials", 2014, pp. 351 – 353
15. Шилкина С.В. Оптимизация технического решения по результатам проведенного ТЭО для повышения эффективности проекта // Вестник гражданских инженеров 2017. №6 (65). С.355 – 363.
16. Афонский А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. Москва. СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 247 с.
17. Девяткин Л.Ю. Трехзначные семантики для классической логики высказываний. Москва. Институт философии РАН, 2011. 108 с.
18. Лубенцова Е.В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями. Ставрополь. Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. 248 с.
19. Солдатенков А.С. Математическое моделирование системы управления теплотреблением комплекса зданий. Белгород. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. 176 с.
20. Коноплева И.А. Информационные системы и технологии управления. Москва. ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 591 с.

THE CONTROLLER OF FUZZY LOGIC IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

S.V. Shilkina, E.N. Fokina

ABSTRACT

Introduction. The current stage of progress is associated with the development and implementation of intelligent systems and technologies that provide the formation of clear solutions based on fuzzy rules, fuzzy conclusion and fuzzy control. However, the classical control methods work well only with a completely deterministic control object and deterministic environment, but for fuzzy information systems and highly complex control object, fuzzy control methods are optimal.

Material and methods. Moreover, the process of decision-making by a person in the management of

technological processes is modeled and simulated by a fuzzy controller with a base of rules. In recent years, "fuzzy" control has been successfully used to manage and operate a number of systems.

Discussion and results. *Therefore, this article is devoted to the consideration of fuzzy logic controller's application in management systems and existing research methods' analysis in the field of intelligent control technologies for solving the problems of adaptation of applied models and algorithms to various objects and systems, particularly to the systems for maintaining the microclimate parameters of the building's life support environment, and also to the basic parameters of increasing the economic efficiency of using the fuzzy logic controller in the control system.*

Conclusion. *Analyzed control methods based on fuzzy logic are applicable to various technological objects and systems. As a further study, it is planned to consider the issues of fuzzy control of various life support systems of a modern building.*

KEYWORDS: *Intelligent technologies, fuzzy logic control, controller, regulator, actuator, algorithm.*

REFERENCES

1. Orlov A.I. Teoriya prinjatija reshenij [Theory of decision-making]. Moscow, Mart, 2004. 656 p.
2. Khaikin S. Nejronnye seti [Neural networks]. Moscow, vil'yams, 2008, 1104 p.
3. Rutkowski D., Pilinsky M., Rutkovsky L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Hot Line – Telecom, 2013. 384 p.
4. Vasiliev V.I. Intel'kual'nye sistemy upravlenija [Intelligent control systems]. Theory and practice: textbook. Moscow, Radiotekhnika, 2009. 387 p.
5. Shepherd A.B. Batty W.J., Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities, Building Service Engineering Research and Technology no. 24, (2003) pp. 35 – 45.
6. Sadovnichy V.A. Superkomp'yuternye tehnologii v nauke, obrazovanii i promyshlennosti [Supercomputer technologies in science, education and industry]. Moscow, Moscow state University named after M.V. Lomonosov, 2009. 232 p.
7. Qu Dunyue Cjui Dun'juje Upravlenie mobil'nym robotom na osnove nechjotkih modelej [Control of mobile robot based on fuzzy models]. Modern problems of science and education. 2007, no. 6, pp. 115 – 121.
8. Aliyev R.A. Upravlenie proizvodstvom pri nechjotkoj ishodnoj informacii [Production Management at fuzzy initial information]. Moscow, Energoatomizdat, 1991.
9. Peshko M.S. Adaptivnaja sistema intellektual'nogo upravlenija parametrami tehnologicheskix processov v pishhevoj promyshlennosti [Adaptive system of intellectual control of technological processes parameters in the food industry]. Omsk scientific Bulletin. 2015, no. 2 (140), pp. 118 – 122.
10. Pesko M.S. Zadacha fazifikacii parametrov procesa vegetacii pri postroenii nechetkogo reguljatora [The Task of gazifikatsii parameters of the process of vegetation when building a fuzzy controller]. Omsk scientific Bulletin. 2013, no. 2 (120), pp. 290 – 293.
11. Kolesov K.A. Jenergosberegajushhaja sistema upravlenija na osnove nechetkogo algoritma [Energy efficiency and energy security in industrial enterprises and housing and communal services]. Ufa, an RB, Gil'em, 2010. pp. 119 -123.
12. Leonenko A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzy-TECH]. Saint-Petersburg, BHV-Peterburg, 2003. 736 p.
13. Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkix sistem sredstvami MATLAB [Design of fuzzy systems by means of MATLAB]. Moscow, Goryachaya Liniya–Telekom, 2007. 288 p.
14. Shilkina S.V., Trusov A.A. The Effectiveness of implementing automated ventilation system in premises intended for public use [International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2014)]. A Science and Technology Multidisciplinary Journal, <http://ciencia-e-tecnica.org/submit.html>, 2014. Applied Mechanics and Materials, 2014. pp. 351 – 353.
15. Shilkina S.V. Optimizacija tehničeskogo reshenija po rezul'tatam provedennogo TJeO dlja povyshenija jeffektivnosti proekta [Optimization of technical solutions based on the results of feasibility study to improve the effectiveness of the project]. Bulletin of civil engineers. 2017, no. 6 (65), pp.355 – 363.
16. Apfonskiy A.A. Cifrovye analizatory spektra, signalov i logiki [Digital spectrum analyzers, signal and logic]. Moscow, SOLON-PRESS, 2009. 247 p.
17. Devyatkin Y.L. Trehznachnye semantiki dlja klassicheskoj logiki vyskazyvanij [Three-valued semantics for classical propositional logic]. Moscow, Institute of philosophy, RAN, 2011. 108 p.
18. Lubentsova E.V. Sistemy upravlenija s dinamicheskim vyborom struktury, nechetkoj logikoj i nejrosetevymi modeljami [Control Systems with dynamic choice of structure, fuzzy logic and neural network models]. Stavropol, North Caucasus Federal University. 2014. 248 p.
19. Soldatenkov A.S. Matematicheskoe modelirovanie sistemy upravlenija teplopotreblenij kompleksa zdaniy [Mathematical modeling of the heat management system of the complex of buildings Belgorod]. Belgorod, Belgorod state technological University V.G. Shukhov, ABS ASV, 2015. 176 p.
20. Konopleva I.A. Informacionnye sistemy i tehnologii upravlenija [Information systems and technology management]. Moscow, YUNITI-DANA, 2017. 591 p.

Поступила 07.02.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шилкина Светлана Вячеславовна (г. Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и электро-снабжения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: shilkina@bk.ru).

Shilkina Svetlana Vyacheslavovna (Moscow, Russia) – Ph.D, Assistant Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Russia, 129337,

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Фокина Екатерина Николаевна (г. Москва, Россия) – старший преподаватель кафедры автоматизации и электроснабжения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: FokinaEN@mgisu.ru).

Шилкина С.В. 50%.
Фокина Е.Н. 50%.

|||||