

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Шахноза Рахимджановна Убайдуллаева,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Автоматизация и управление технологическими процессами»,
Национальный исследовательский университет «ТИИИМСХ»,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Тухтабоева Гулбахор Азимбой кизи,
студентка группы 410А направления
«Информационные системы и технологии»,
Национальный исследовательский университет «ТИИИМСХ»,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация. В статье представлен обзор современных подходов к использованию элементов нечеткой логики в промышленных системах автоматизации. Рассмотрены теоретические основы нечеткой логики, принципы построения нечетких множеств и алгоритмы нечеткого вывода. Проведен анализ научных публикаций, посвященных применению нечетких регуляторов в различных отраслях промышленности, включая химическое производство, энергетические системы, робототехнику и автоматизированные технологические комплексы. Показано, что применение нечеткой логики позволяет эффективно решать задачи управления в условиях неопределенности, неполноты исходной информации и нелинейности объектов управления. Рассмотрены преимущества и ограничения нечетких систем управления, а также перспективы их интеграции с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения. На основе проведенного анализа определены основные направления дальнейшего развития интеллектуальных систем промышленной автоматизации.

Ключевые слова: нечеткая логика, нечеткое управление, промышленная автоматизация, интеллектуальные системы управления, нечеткий регулятор, технологические процессы, искусственный интеллект, цифровое производство, экспертные системы, автоматизированные системы управления.

Введение. Современное промышленное производство характеризуется высокой сложностью технологических процессов, необходимостью обеспечения устойчивого функционирования оборудования и повышенными требованиями к качеству управления. Традиционные методы автоматического управления, основанные на точных математических моделях объектов, не всегда позволяют

достичь требуемых показателей эффективности в условиях неопределенности параметров, наличия внешних возмущений и нелинейного характера процессов.

Одним из перспективных направлений развития интеллектуальных систем управления является использование нечеткой логики, предложенной Лотфи Заде в 1965 году. В отличие от классической логики, основанной на бинарных значениях «истина» и «ложь», нечеткая логика позволяет учитывать промежуточные состояния и использовать экспертные знания при принятии решений.

В последние годы наблюдается рост интереса к применению нечетких алгоритмов в промышленной автоматизации. Это связано с развитием цифровых технологий, концепции Industry 4.0 и необходимостью создания адаптивных систем управления, способных функционировать в условиях неопределенности и неполноты информации.

Целью данной статьи является анализ современных исследований и практических решений, связанных с использованием элементов нечеткой логики в промышленных системах автоматизации, а также определение перспектив дальнейшего развития данного направления.

Обзор литературы. Значительный вклад в развитие теории нечетких множеств внес Л. Заде, заложивший основы математического аппарата для описания неопределенности и приближенных рассуждений. В дальнейшем идеи нечеткой логики получили развитие в работах, посвященных интеллектуальным системам управления, экспертным системам и гибридным методам искусственного интеллекта.

Современные исследования показывают высокую эффективность применения нечетких регуляторов в промышленных процессах. Особое внимание уделяется управлению нелинейными объектами, где традиционные ПИД-регуляторы демонстрируют ограниченные возможности. В ряде работ рассматриваются гибридные системы управления, объединяющие нечеткую логику и классические методы регулирования.

Отдельное направление исследований связано с разработкой нейро-нечетких систем, сочетающих преимущества искусственных нейронных сетей и нечеткой логики. Такие системы способны автоматически корректировать параметры управления на основе накопленного опыта и данных мониторинга технологических процессов.

Анализ публикаций последних лет показывает, что наиболее активно нечеткая логика применяется в энергетике, химической промышленности, робототехнике, транспортных системах и интеллектуальном производстве.

Методология исследования. Исследование основано на анализе отечественных и зарубежных научных публикаций, посвященных

использованию нечеткой логики в системах автоматического управления. При подготовке обзора использовались материалы научных журналов, конференций и монографий в области автоматизации технологических процессов, искусственного интеллекта и интеллектуальных систем управления.

Методология исследования включает сравнительный анализ существующих подходов, обобщение результатов опубликованных работ и систематизацию основных направлений применения нечеткой логики в промышленной автоматизации.

Теоретические основы нечеткой логики. Нечеткая логика представляет собой математический аппарат, позволяющий описывать неопределенность и неточность информации посредством функций принадлежности. В отличие от классических множеств, элемент может принадлежать нечеткому множеству не полностью, а с определенной степенью принадлежности в диапазоне от 0 до 1.

Типичная структура нечеткой системы управления включает следующие этапы: фаззификация входных данных; применение базы правил нечеткого вывода; механизм логического вывода; дефаззификация результатов. Такой подход позволяет учитывать экспертные знания специалистов и формализовать процесс принятия решений в сложных технологических условиях.

Нечеткие регуляторы в промышленной автоматизации. Наиболее распространенным примером практического применения нечеткой логики являются нечеткие регуляторы. Они используются для управления температурой, давлением, расходом, уровнем жидкости и другими параметрами технологических процессов.

Нечеткие регуляторы обладают рядом преимуществ: устойчивостью к неопределенности параметров; возможностью работы без точной математической модели объекта; высокой адаптивностью; простотой учета экспертных знаний.

Особенно эффективным является применение нечетких регуляторов для управления нелинейными объектами, параметры которых изменяются во времени.

Применение в различных отраслях промышленности. В химической промышленности нечеткие алгоритмы используются для управления реакторами, системами дозирования и технологическими линиями. Использование нечеткого управления позволяет поддерживать требуемые параметры процессов даже при значительных изменениях внешних условий.

В энергетике нечеткая логика применяется для регулирования режимов работы энергетических установок, оптимизации распределения нагрузок и повышения энергоэффективности оборудования.

В робототехнических системах нечеткие алгоритмы обеспечивают адаптивное управление движением, навигацией и взаимодействием с окружающей средой.

В транспортной отрасли элементы нечеткой логики используются в интеллектуальных системах управления движением, автоматических системах торможения и адаптивных системах поддержки водителя.

Интеграция с технологиями искусственного интеллекта. Современным направлением исследований является интеграция нечеткой логики с методами искусственного интеллекта и машинного обучения. В результате формируются гибридные интеллектуальные системы, способные не только использовать экспертные знания, но и самостоятельно адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Особый интерес представляют нейро-нечеткие системы, в которых нейронные сети используются для настройки функций принадлежности и оптимизации базы правил. Такой подход позволяет повысить точность управления и расширить область применения интеллектуальных технологий в промышленности.

Преимущества и ограничения. К основным преимуществам нечеткой логики относятся: возможность работы в условиях неопределенности; отсутствие необходимости в точной математической модели; удобство формализации экспертных знаний; высокая гибкость и адаптивность.

Вместе с тем существуют и определенные ограничения: сложность формирования базы правил для сложных объектов; необходимость привлечения экспертов предметной области; – увеличение вычислительной сложности при большом количестве входных параметров.

Заключение. Проведенный обзор показывает, что элементы нечеткой логики являются эффективным инструментом построения интеллектуальных систем управления промышленными объектами. Использование нечетких регуляторов позволяет повысить качество управления в условиях неопределенности, нелинейности и неполноты информации.

Современные исследования демонстрируют устойчивую тенденцию к расширению областей применения нечеткой логики в промышленной автоматизации. Наиболее перспективным направлением является интеграция нечетких методов с технологиями искусственного интеллекта, машинного обучения и цифрового производства.

Дальнейшее развитие интеллектуальных систем управления связано с созданием адаптивных нейро-нечетких алгоритмов, способных обеспечивать эффективное функционирование сложных промышленных объектов в условиях динамически изменяющейся среды.

Литература.

1. Заде Л.А. Нечеткие множества // Информация и управление. – 1965. – Т. 8. – № 3. – С. 338–353.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
3. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.
4. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. – 4th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. – 688 p.
5. Jantzen J. Foundations of Fuzzy Control. – Chichester: John Wiley & Sons, 2013. – 456 p.