



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
(КемГУ)

650000, Кемерово, ул. Красная, 6
Телефон: 8(3842) 58-12-26. Факс: 8(3842) 58-38-85
E-mail: rector@kemsu.ru. <http://www.kemsu.ru>

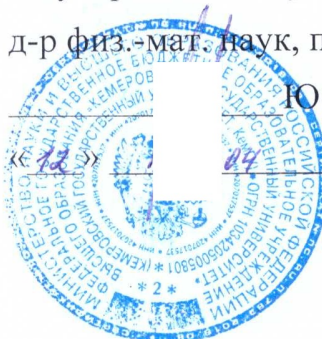
№ _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»,

д-р физ.-мат. наук, профессор,
Ю.Н. Журавлев

_____ 2022 г.



Отзыв ведущей организации

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кемеровский государственный университет»
на диссертационную работу Антропова Никиты Романовича на тему
«Ядерные алгоритмы идентификации и управления для нелинейных объектов с
памятью в условиях неполной информации» на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ,
управление и обработка информации

Актуальность для науки и практики

Решение задач управления сложными техническими системами, например, такими как магистральные нефтепроводы, связано с необходимостью построения математических моделей и систем управления, удовлетворяющих требованиям по качеству управления и существующим ограничениям программно-аппаратных средств. Модельное описание таких систем в диссертационной работе предлагается осуществлять в классе нелинейных дискретных объектов с памятью. Под объектами с памятью в работе понимаются динамические объекты, текущее состояние которых зависит не только от входных переменных, но и от некоторого набора предыдущих значений выходной переменной. Ввиду нестационарности указанных объектов их модели необходимо постоянно уточнять с использованием наблюдений входных и выходных переменных. Существующие интеллектуальные методы идентификации и

управления являются достаточно требовательными к объемам вычислительных ресурсов на этапе обучения модели, а также не позволяют без существенных затрат осуществлять настройку вычислительной сложности модели, удовлетворяющей имеющимся ограничениям. Априорная информация об указанных объектах, как правило, носит неполный характер, что значительно усложняет решение задач идентификации и управления. Актуальность темы определяется необходимостью разработки алгоритмов идентификации и управления для сложных технических объектов, позволяющих осуществлять идентификацию и управление в условиях неполной информации и учитывать наличие ограничений на вычислительные ресурсы. Учитывая сложный нелинейный, динамический, нестационарный характер большинства существующих технических объектов, заявленная тема исследования, безусловно, является актуальной и важной с точки зрения науки и практики.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка и 12 таблиц. Текст работы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 123 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов, основные защищаемые положения, а также степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе диссертации проведен анализ существующих методов идентификации нелинейных дискретных объектов с памятью в условиях неполной информации и ограниченных вычислительных ресурсов, приведена формализованная постановка задачи идентификации для указанных объектов, описан новый рекуррентный ядерный алгоритм идентификации, а также приведено описание и результаты численного исследования, подтверждающее эффективность предложенного алгоритма.

Во второй главе приведено описание известных подходов к управлению нелинейными дискретными объектами с памятью, сформулирована постановка

задачи управления указанными объектами в условиях неполной информации и ограниченных вычислительных ресурсов, описан новый рекуррентный ядерный алгоритм дуального управления с идентификатором, приведены результаты вычислительных экспериментов на представительном множестве тестовых задач управления.

В третьей главе проанализированы методы оценки параметров ядерных моделей нелинейных дискретных объектов с памятью для фиксированной выборки наблюдений, приведено описание нового алгоритма оценки параметров ядерных моделей нелинейных дискретных объектов с памятью, а также представлены результаты численных экспериментов на различных задачах идентификации в сравнении с аналогичными алгоритмами.

Четвертая глава посвящена рассмотрению практического применения предложенных ядерных алгоритмов идентификации и управления к решению задачи управления давлением магистрального насосного агрегата, обоснована актуальность задачи и необходимость применения разработанных алгоритмов, приведены результаты вычислительных экспериментов, которые подтверждают соответствие оценок управляющих воздействий желаемым значениям давления.

В заключении приведены основные итоги и выводы диссертационного исследования, а также даны рекомендации и описаны перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

В целом, диссертация представляет собой законченную научную работу. Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертационной работы и состоит из 20 страниц машинописного текста.

Основные научные результаты и их значимость для науки и практики

Основные научные результаты исследования заключаются в следующем:

– разработан новый алгоритм оценки параметров ядерных моделей нелинейных дискретных объектов с памятью, отличающийся жадной процедурой вычисления обратной матрицы системы с использованием низкоранговой аппроксимации фиксированной размерности, позволяющий обеспечить эффективное по точности решение задачи идентификации при заданных ограничениях на вычислительные ресурсы.

– разработан новый рекуррентный ядерный алгоритм идентификации для нелинейных дискретных объектов с памятью, отличающийся от аналогичных рекуррентным оцениванием параметров модели на основе разложения матрицы системы и адаптивной процедурой формирования выборки наблюдений, позволяющий повысить вычислительную эффективность решения задач идентификации в сравнении с аналогичными алгоритмами.

– предложен новый рекуррентный ядерный алгоритм дуального управления с идентификатором для нелинейных дискретных объектов с памятью, отличающийся итерационной процедурой вычисления управляющих воздействий на основе метода стохастического градиента, позволяющий оценивать управляющее воздействие при наличии ограничений на вычислительные ресурсы.

Представленные результаты исследования являются развитием ядерных методов идентификации и управления, которые в отличие от аналогичных подходов учитывают динамический и нестационарный характер объекта, а также наличие ограничений на вычислительные ресурсы. По существу приведенные результаты представляют собой новые формализованные алгоритмические процедуры, которые могут быть реализованы в виде программного обеспечения для автоматизированных систем управления технологическими процессами или программируемых логических контроллеров.

Степень обоснованности и достоверность основных научных результатов

Достоверность основных научных результатов рецензируемой работы осуществляется с помощью корректного применения математических методов и подтверждается непротиворечивостью полученных результатов известным данным, а также результатами статистически значимых вычислительных экспериментов на широком множестве различных задач идентификации и управления для различных входных воздействий и случайных помех, напрямую свидетельствующих об эффективности предложенных в работе алгоритмов.

По теме диссертационного исследования автором опубликовано 18 работ, в том числе 5 статей в журналах ВАК, 4 публикации в журналах, проиндексированных в международной базе Scopus, а также получено 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ. Результаты исследования

прошли апробацию на научно-технических конференциях по профилю специальности.

Значимость результатов для науки заключается в том, что предложенные алгоритмические процедуры позволяют:

- осуществлять идентификацию и управление в условиях динамического и нестационарного характера объекта.
- расширить границы применимости ядерных методов для задач идентификации и управления при ограниченных вычислительных ресурсах.
- повысить вычислительную эффективность ядерных методов идентификации и управления нелинейными дискретными объектами с памятью в условиях неполной информации и ограниченных вычислительных ресурсов.

Практическое значение результатов работы заключается в том, что предложенные в рецензируемой диссертационной работе алгоритмы позволяют настраивать затраты вычислительных ресурсов программно-аппаратных средств, задействованных в ходе решения задач идентификации и управления, что в свою очередь позволяет унифицировать программное обеспечение систем управления, решающих идентичные задачи, но при этом имеющих различные вычислительные мощности. На практике, из-за полной или частичной замены отдельных комплектов систем управления в результате их устаревания или выхода из строя, указанная ситуация является достаточно распространённой, что позволяет сделать вывод о практической значимости результатов исследования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Представленные в диссертационной работе алгоритмические процедуры могут быть использованы в автоматизированных системах управления, которые имеют небольшие вычислительные мощности, не позволяющие использовать современные интеллектуальные методы. К таким системам, в частности, можно отнести системы трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, системы газоснабжения, электроснабжения, бортовые системы управления космических аппаратов и так далее. Помимо формализованных алгоритмических процедур, в диссертационной работе также описана методика настройки параметров предложенных алгоритмов, которая также может быть реализована и включена в состав вспомогательного программного обеспечения.

Общие замечания

1. В представленных постановках задачи идентификации и управления в разделах 1.1 и 2.1 случайная помеха имеет нормальное распределение. Однако нигде в работе не присутствует обоснование использования именно нормального распределения.

2. В диссертационной работе не рассмотрена ситуация, когда случайная помеха имеет распределение, отличное от нормального. При этом в главе 4 не представлено тестирование на нормальное распределение случайных помех в выборках наблюдений.

3. В формуле (1.23) содержится матрица системы, которая в случае сильной коррелированности входных переменных может быть плохо обусловленной. При этом в явном виде в работе не фигурирует решение данной проблемы.

4. Вычислительные эксперименты в диссертационной работе проводились только для квадратичного экспоненциального ядра. Применение других ядерных функций в работе соискателем не представлено, при этом выбор квадратичного экспоненциального ядра в работе должным образом не обоснован.

5. В работе отсутствуют некоторые обозначения в формулах. Например, не раскрывается обозначение нулевого вектора $\mathbf{0}$ в формулах (1.30), (1.34) и (1.35), обозначение символа математического ожидания $\mathbf{M}$ в формулах (2.1) и (2.2).

Указанные недостатки не носят критический характер и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Антропова Никиты Романовича направлена на решение задач идентификации и управления применительно к нелинейным дискретным объектам с памятью в условиях неполной информации и наличии ограничений на вычислительные ресурсы. Сложный нелинейный, динамический и нестационарный характер большого количества технических, производственных и технологических объектов, а также наличие ограничений на вычислительные ресурсы, свойственные таким объектам, позволяет сделать вывод о том, что разработанные в рамках представленной работы алгоритмы идентификации и управления **направлены на решение актуальной научно-технической задачи**

повышения эффективности и надежности систем управления сложными нелинейными техническими системами, имеющей существенное значение для развития теории адаптивных и обучающихся систем. Выводы исследования не противоречат известным результатам и являются достаточно обоснованными.

Учитывая актуальность исследования, достаточно высокий уровень теоретической составляющей работы и научной новизны результатов, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к научным работам, а её автор – Антропов Никита Романович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании кафедры прикладной математики.

Протокол № _9_ от «_5_» _апреля_ 2022 г.

Заведующий кафедрой прикладной
математики, канд. техн. наук, доцент

Каган Елена Сергеевна

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Почтовый адрес: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Телефон: +7 (3842) 58-38-85

E-mail: rector@kemsu.ru