

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Бобцова Алексея Алексеевича

на диссертационную работу Ласточкина Константина Андреевича на тему
«Адаптивные наблюдатели физических состояний линейных динамических систем»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности

2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность исследования

Диссертационная работа Ласточкина К.А. посвящена решению проблемы оценивания физических состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами, которая остается открытой в рамках теории адаптивного управления. Автором разработаны новые методы ее решения, что позволяет утверждать, что актуальность темы исследования не вызывает сомнений.

Содержание и структура работы

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Во введении дана общая характеристика работы и ее структуры.

В первой главе выполнен обширный обзор методов построения наблюдателей переменных состояния линейных динамических систем с неизвестными параметрами на базе теорий робастного, инвариантного и адаптивного управления. Аналитически проиллюстрированы преимущества и недостатки существующих наблюдателей переменных состояния динамических систем. Сформулирована обобщенная постановка задачи на диссертационную работы и произведена ее декомпозиция на три подзадачи.

Во второй главе была рассмотрена и решена задача идентификации значений функций от параметров нелинейного по параметрам регрессионного уравнения.

В третьей главе предложен алгебраический и дифференциальный наблюдатели для оценивания физических состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами. Проблема параметрической адаптации таких

наблюдателей была сведена к задаче идентификации значений функций от параметров нелинейного по параметрам регрессионного уравнения, полученного путем специальной параметризации системы. Для решения этой задачи применяется алгоритм, разработанный во второй главе.

В четвертой главе выполнено обобщение результатов, полученных в третьей главе, на класс линейных динамических систем с неизвестными параметрами и внешними возмущениями с неизвестной динамической моделью их описания. Предложен наблюдатель, позволяющий асимптотически оценивать физические состояния такой системы.

В заключении сформулированы основные выводы по работе и обозначены возможные направления развития полученных в ней результатов.

Приложение к работе разделяется на две части. В первой части собраны справочные данные, которые существенно облегчают чтение основного текста диссертации. Во вторую часть приложения вынесены доказательства сформулированных в работе теорем, лемм и утверждений, что позволило не перегружать математическими выкладками основной текст диссертации.

Работа написана понятным языком, а ее основные результаты четко изложены, легко воспроизводимы и сопровождаются как строгими математическими доказательствами, так и иллюстративными примерами. Автореферат диссертации и опубликованные работы (общее число которых соответствует предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям), отражают содержание диссертации.

Научная новизна

В работе впервые получены и изложены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1) алгоритм идентификации значений функций от параметров нелинейных по параметрам регрессионных уравнений. Важной отличительной особенностью такого алгоритма является то, что при выполнении принятых допущений он позволяет формировать оценки без разрывов и гарантирует их поэлементную

экспоненциальную сходимость к истинным значениям при выполнении необходимого и достаточного условия идентифицируемости.

2) метод построения адаптивных дифференциальных и алгебраических наблюдателей физических состояний линейных систем, позволяющий, в отличие от существующих решений, восстанавливать физические координаты состояния в ситуации, когда неизвестные параметры в математической модели системы умножены на неизмеряемые сигналы.

3) метод построения адаптивных наблюдателей физических состояний линейных систем, обеспечивающий восстановление координат состояний системы в ситуации, когда неизвестные параметры в математической модели системы умножены на неизмеряемые сигналы, а на систему действует возмущение с неизвестной динамической моделью. Важной особенностью предложенного метода является то, что гарантируется сходимость ошибки восстановления состояний не в некоторую замкнутую область, а к нулю.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов

Научные результаты диссертационной работы получены с применением строгих методов теории управления, линейной алгебры, математического анализа и оптимизации. Поэтому в их достоверность не вызывает сомнений. Кроме того, основные результаты работы опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых изданиях и доложены на авторитетных отечественных и зарубежных конференциях.

Результаты работы соответствуют пп. 4, 6 и 7 паспорта специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты работы имеют теоретическую ценность для развития теории адаптивного управления, поскольку позволяют решить ранее открытую в рамках этой теории проблему восстановления физических состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами. Кроме того, по моему мнению, метод идентификации значений функций от параметров нелинейных по параметрам

регрессионного уравнения имеет отдельную ценность для развития методов непрямого (идентификационного) адаптивного управления нелинейными системами.

Практическая значимость результатов работы состоит в возможности использования полученных в диссертации теоретических результатов и наработок при решении практических задач автоматизации, требующих измерения физических состояний технических систем при отсутствии физических датчиков. В частности, с помощью предложенных в диссертационной работе методов представляется возможным без установки дополнительных датчиков проводить регистрацию и мониторинг физических состояний сложных систем с неизвестными параметрами.

Замечание по диссертации

После прочтения диссертационной работы возникли следующие незначительные замечания/вопросы:

1) В диссертационной работе рассматриваются линейные динамические системы с одним входом и одним измеряемым выходом. Существует ли сложность распространения полученных результатов на класс многоканальных линейных динамических систем?

2) В диссертации делается допущение, что неизвестные параметры являются постоянными. Однако остается открытым вопрос чувствительности предлагаемых алгоритмов идентификации параметров к малым изменениям неизвестных параметров.

Заключение

Указанные замечания не снижают общее положительное впечатление от диссертационной работы, которая является полноценным, самостоятельным и логически завершенным научным исследованием, выполненным на актуальную тему и обладающую научной новизной и практической значимостью. В работе в двух постановках (с учетом и без учета внешних возмущений) впервые решена актуальная для теории и практики управления задача адаптивного восстановления физических состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами.

Диссертационная работа Ласточкина Константина Андреевича «Адаптивные наблюдатели физических состояний линейных динамических систем» соответствует специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Я, Бобцов Алексей Алексеевич, согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:
директор мегафакультета компьютерных
технологий и управления
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский университет ИТМО»,
доктор технических наук, профессор



Бобцов Алексей Алексеевич

« 31 » марта 2025 г.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49, лит. А
Адрес электронной почты: bobtsov@itmo.ru
Телефон: +7 (812) 480-06-11

М.П.

Подпись Бобцова А.А.
удостоверено
Менеджер ОПС
Лопатинко В.В.

