

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, Фомичева Василия Владимировича

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 темы исследования. Диссертационная работа посвящена разработке адаптивных наблюдателей физических состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами и неконтролируемыми внешними возмущениями. С одной стороны, в теории адаптивного управления отсутствуют методы восстановления физических состояний линейных систем в общем случае, вместо которых существующие адаптивные наблюдатели, как правило, позволяют асимптотически оценивать только их линейные комбинации (виртуальные координаты). С другой стороны, задача восстановления физических состояний линейных систем возникает на практике при решении разнообразных задач управления, автоматизации, диагностики и прогнозирования. Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

Содержание и структура работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 174 страницы с 12 рисунками и 3 таблицами. Список литературы включает 79 наименований. В основном тексте диссертации используются исключительно результаты работ соискателя, а все заимствованные материалы сопровождаются корректными ссылками на первоисточники.

Целью диссертации является разработка метода адаптивного восстановления физических, а не виртуальных состояний линейных динамических систем в практически важном случае, когда неизвестные параметры в математической модели системы умножены на неизмеряемые сигналы.

Во введении показана актуальность выбранной цели диссертационной работы, а также теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе на основе анализа разнообразных источников соискатель демонстрирует неспособность в общем случае существующих адаптивных наблюдателей формировать равномерно непрерывную асимптотическую оценку физических состояний линейных динамических систем. На основе этого вывода формализуется обобщенная постановка задачи на диссертационное исследование, которая расщепляется на три подзадачи.

Вторая глава посвящена решению первой подзадачи. А именно, в этой главе соискателем предложен метод идентификации значений функций от параметров нелинейных по параметрам регрессионных уравнений, который, в отличие от существующих решений, свободен от разрывов по формируемым оценкам и обеспечивает монотонную поэлементную экспоненциальную сходимость оценок к истинным значениям при конечном возбуждении регрессора. Результат этой главы является вспомогательным на пути к решению задачи восстановления физических состояний линейных динамических систем.

В третьей главе разработаны новые адаптивные наблюдатели физических состояний линейных динамических систем, которые в отличие от существующих адаптивных наблюдателей, позволяют восстанавливать не виртуальные, а физические состояния в ситуации, когда неизвестные параметры в математической модели системы умножены на неизмеряемые сигналы. Асимптотическая сходимость ошибок оценивания состояний и параметрических ошибок доказывается с помощью второго метода Ляпунова.

В четвертой главе результаты, полученные во третьей главе, обобщаются на случай, когда не только параметры системы неизвестны, но также на систему воздействует неконтролируемое внешнее возмущение с неизвестной динамической моделью.

В заключении работы делаются общие выводы по итогам выполненного диссертационного исследования и формулируются возможные направления дальнейшего теоретического развития полученных результатов.

Приложение включает в себя как вспомогательные сведения, требующиеся для восприятия и понимания основных математических выкладок работы, так и доказательства теорем, утверждений и лемм, сформулированных в работе.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

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

1) алгоритм, позволяющий идентифицировать значения функций от параметров нелинейных по параметрам регрессионных уравнений,

2) метод построения адаптивных дифференциальных и алгебраических наблюдателей физических состояний линейных систем, позволяющий восстанавливать 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.

Отмечу, что данные результаты соответствуют пп. 4, 6 и 7 паспорта специальности заявленной специальности.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов. Достоверность научных результатов работы базируется на строгости используемого математического аппарата. Обоснованность и правомочность сделанных теоретических выводов иллюстрируется с помощью математического моделирования процесса восстановления физических состояний различных систем с помощью предложенных наблюдателей. Кроме того, результаты работы были опубликованы в рецензируемых журналах из категории Q1 по Web of Science и представлены на конференциях мирового уровня.

Теоретическая и практическая значимость работы. Работа вносит вклад, прежде всего, в развитие теории адаптивного управления. В частности, в работе впервые решена задача восстановления физических, а не виртуальных состояний линейных динамических систем в ситуации, когда неизвестные параметры в модели системы умножены на неизмеряемые сигналы. Также в работе впервые показана асимптотическая сходимость к нулю ошибки оценивания физических состояний линейных систем при действии на систему внешних возмущений с неизвестной динамической моделью. Кроме того, диссертантом получены эффективные алгоритмы идентификации значений функций от параметров нелинейных по параметрам регрессионных уравнений.

Практическая значимость результатов заключается в возможности применения разработанных адаптивных наблюдателей для решения широкого круга важных технических задач автоматизации и диагностики.

Замечание по диссертации. После прочтения полного текста диссертации у меня возникли следующие основные замечания, которые не снижают общего позитивного впечатления о работе:

1) После прочтения работы осталось не ясно, какие свойства гарантируют предложенные наблюдатели в ситуации, когда выход системы измеряется с помехой.

2) В третьей главе сходимость ошибок оценивания физических состояний доказана при выполнении условия конечного возбуждения регрессора. При этом в четвертой главе для доказательства сходимости ошибок оценивания физических состояний используется более строгое условие постоянного возбуждения регрессора. Чем вызвано использование в главе четыре более строгого условия?

3) Замечание по структуре работы. На мой взгляд, стоило привести доказательства теорем, лемм и утверждений непосредственно после самих формулировок, а не выносить их в приложение диссертационной работы. Следует более точно формулировать некоторые Допущения (так в Допущении 1.5 видимо надо добавить требование на спектр матрицы Γ).

Заключение. Несмотря на отмеченные замечания, на основании анализа диссертации и опубликованных автором работ можно сделать вывод о том, что диссертация является законченной квалификационной работой, содержащей новые результаты, обладающие как теоретической, так и практической значимостью. Основным результатом работы считаю разработанные автором новые методы синтеза адаптивных наблюдателей физических, а не виртуальных состояний линейных динамических систем с неизвестными параметрами.

Таким образом, 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, Фомичев Василий Владимирович, согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их обработку.

Официальный оппонент:
заведующий кафедрой нелинейных
динамических систем и процессов управления
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова»,
доктор физико-математических наук,
доцент

Фомичев Василий Владимирович

« 14 » 04 2025 г.

ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1
Адрес электронной почты: fomichev@cs.msu.ru
Телефон: +7 (495) 932-88-53



Подпись удостоверяю
Ведущий специалист по кадрам
Т.Г. Коваленко

М.П.