

ОТЗЫВ

Официального оппонента о диссертации

Максимовой Ирины Сергеевны

«Управляемость дифференциальных систем с переменной структурой и
задача восстановления»,

представленной к защите на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика

Актуальность темы

Диссертационная работа Максимовой И.С. посвящена вопросам, лежащим на стыке математической теории управления и теории оптимального восстановления операторов. Работа посвящена решению фундаментальных теоретических задач для сложного класса гибридных динамических систем со структурными изменениями, а также смежной задачи оптимального восстановления.

Актуальность темы обусловлена тремя взаимосвязанными факторами: теоретической значимостью, технологическими потребностями и широтой применений. Классическая теория управляемости не работает для систем, меняющих свою структуру и размерность. Поэтому возникает необходимость создания нового математического аппарата для данного рода задач. Кроме теоретической значимости, данные задачи отвечают на запрос со стороны высокотехнологичных отраслей: в космонавтике - многоразовые носители, сложные орбитальные маневры, требующие точного управления на всех этапах полета; робототехника – роботы, меняющие конфигурацию, или группы роботов, которые объединяются и разделяются. Высокая актуальность данной темы обосновывается еще и широким спектром областей применимости, например, моделирование корпораций, меняющих структуру (поглощения, выделение активов), процессы инвестирования с изменяющимся числом параметров; оптимизация мультимодальных перевозок, где груз переходит с одного вида транспорта на другой, что можно описать как смену фазового пространства; многостадийное производство, где продукт на каждом этапе описывается разными параметрами и законами. Таким образом, актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 103 страницы. Список литературы содержит 83 наименования.

В первой главе рассматривается задача о переводе управляемого объекта, описываемого двумя нелинейными дифференциальными системами в разных

фазовых пространствах и на последовательных промежутках времени, из заданного множества одного пространства на заданное множество другого пространства через заданную "гиперплоскость перехода". Исследуется управляемость объекта для нелинейных дифференциальных систем треугольного вида, которые с помощью некоторой замены переменных сводятся к линейным системам.

Во второй главе управляемость дифференциальных систем в задаче со сменой фазового пространства исследуется с помощью аппарата теории выпуклого анализа и многозначных отображений. Получены достаточные условия управляемости поставленной задачи для нелинейных дифференциальных систем, когда правые части дифференциальных включений являются вогнутыми отображениями. В случае, когда правые части дифференциальных систем линейны, с помощью аппарата опорных функций получено достаточное условие управляемости в поставленной задаче, позволяющее оценить время перехода из заданного множества одного пространства на заданное множество другого пространства через некоторую гиперповерхность перехода.

В третьей главе исследуется возможность применения локальной управляемости в задачах со сменой фазового пространства. Для задачи, в которой нелинейная система в первом пространстве линейризуется при некоторой замене переменных, а нелинейная система во втором пространстве является локально нуль - управляемой, получены достаточные условия управляемости из начального множества одного пространства в конечное множество другого пространства.

Четвертая глава посвящена задачам восстановления значений линейного оператора на некотором классе по исходной информации, заданной со случайной ошибкой. Полученная общая теорема о восстановлении применена к случаю восстановления решения линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений по исходной информации со случайной ошибкой.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Все результаты данной диссертационной работы являются новыми. В области управляемости гибридных систем получен ряд условий управляемости: Автор не ограничился одним случаем, а разработал условия для различных классов систем (линейных/нелинейных) в различных комбинациях. Это создает целостную теорию. Достаточные условия для нелинейных систем с вогнутыми отображениями - это важное продвижение, так как нелинейные задачи значительно сложнее линейных. Использование свойства вогнутости правых частей — это нестандартный и мощный методологический ход, позволивший получить строгие результаты.

Исследование локальной управляемости и перенесение этого фундаментального понятия на случай систем со сменой фазового пространства – новый инструмент для анализа поведения системы в окрестности точек переключения. В области оптимального восстановления работа переводит задачу из детерминированной постановки (где ошибка измерения ограничена по величине) в более реалистичную стохастическую постановку, где ошибка случайна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, утверждения и выводы, представленные в диссертационной работе, обоснованы полностью, что подтверждается строгостью математических доказательств, а также корректным использованием методов теории дифференциальных уравнений, выпуклого и функционального анализа и методов теории восстановления.

Ценность для науки и практики результатов работы

Диссертационная работа Максимовой И.С. носит теоретический характер, ее результаты могут быть использованы в теории управляемости для исследования различных динамических систем. Также полученные результаты имеют довольно широкие применения в различных областях экономики, биологии, в задачах с физическим содержанием.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационной работы Максимовой И.С. опубликованы в 9 работах, из них 5 – статьи в научных журналах, индексируемых в международных базах данных, и 4 – в тезисах докладов на международных конференциях.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по работе

1. В главе 1 заявлено, что рассмотрен ряд примеров, иллюстрирующий подход к исследованию, однако в главе приведен лишь один пример. Было бы интересно рассмотреть несколько примеров, с разной размерностью.
2. В главе 3 при исследовании локальной управляемости не достаточно широко раскрыт вопрос о радиусе окрестности локальной управляемости. Было бы интересно рассмотреть этот вопрос более конкретно.

3. В главе 4 желательно привести результаты численного эксперимента для какой-нибудь конкретной системы дифференциальных уравнений. Это позволит лучше проиллюстрировать и полученный оптимальный метод, и все особенности, характерные для данного рода задач.

Указанные недостатки не влияют на качество выполненной работы и общую положительную оценку. Отмеченные замечания следует воспринимать как пожелания автору для дальнейшей работы в этом направлении.

Заключение.

Диссертационное исследование Максимовой Ирины Сергеевны «Управляемость дифференциальных систем с переменной структурой и задача восстановления» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новые решения задач по исследованию управляемости дифференциальных систем с переменной структурой и задачи по восстановлению решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений по исходной информации, заданной со случайной ошибкой, имеющие важное значение для теории управляемости и задач о восстановлении линейных операторов. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Максимова Ирина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика.

Официальный оппонент

17.11.2025.

Ситник Сергей Михайлович

доктор физико-математических наук (специальность

01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление); профессор;

Личную подпись
удостоверяю
Специалист отдела
кадрового обеспечения
Управления
организационного и
кадрового обеспечения

Сергей С.И.
17 11 2025



профессор кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования.

308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85;

телефон: +7 (4722) 30-13-00;

e-mail: mathsms@yandex.ru;

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.