

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Максимова Ирина Сергеевна
Управляемость дифференциальных систем с переменной структурой и
задача восстановления, представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2. -
дифференциальные уравнения и математическая физика.

В различных динамических моделях, связанных с экономикой, космонавтикой, производством, информационными и техническими системами, технологическими процессами и др., возникают задачи, в которых фазовое пространство модели может менять свою размерность. Управляемость динамической модели наряду с оптимальным управлением является одним из центральных направлений в теории управления. Таким образом, достаточные условия управляемости динамической модели, заданной управляемыми системами в разных фазовых пространствах, представляют как научный интерес, так и имеют широкие приложения в различных сферах деятельности человека. В указанных выше моделях важной проблемой является также приближение искомого решения, когда исходные данные модели заданы неточно или со случайной ошибкой. Поэтому задача получения метода наилучшего восстановления искомого решения модели по неполной или неточной информации теоретически нетривиальна и ее решение для конкретных классов задач имеет важное прикладное значение. Таким образом, тема диссертации и рассматриваемые в ней проблемы несомненно, актуальны.

Диссертация общим объемом 103 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, который содержит 83 наименования.

В первых трех главах рассмотрены три класса динамических задач управления о переводе управляемого объекта, описываемого двумя 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". Возможность такого перехода и является свойством управляемости для рассматриваемых динамических систем. Полученные в этих трех главах достаточные условия управляемости иллюстрируются конкретными примерами.

Первая глава посвящена исследованию условий управляемости задачи со сменой фазового пространства в случае, когда правые части дифференциальных систем представляют собой так называемые системы треугольного вида. Такая постановка задачи позволяет специальной заменой переменных свести исходные нелинейные дифференциальные системы к линейным системам простого вида. Эти линейные системы удовлетворяют критерию Калмана и, следовательно, являются полностью управляемыми. Поэтому достаточные условия управляемости удастся свести к условиям разрешимости нелинейных уравнений, задающих замену переменных при переходе от нелинейных к линейным дифференциальным системам. Важно отметить, что полученные таким образом новые достаточные условия управляемости выражаются через исходные данные поставленной задачи.

Во второй главе в первом параграфе обе дифференциальные системы задачи управления являются нелинейными системами достаточно общего вида с векторными управлениями со значениями из заданных множеств, а во втором - линейными. В результате автору удастся получить достаточные условия управляемости не через исходные данные задачи, а используя множество достижимости для каждой из систем. При этом предполагается, что первое множество достижимости должно иметь непустое пересечение с «гиперплоскостью перехода». Для рассматриваемой здесь автором глобальной управляемости для случая произвольных множеств значений управляемых параметров большего, по-видимому, получить невозможно. В линейном случае можно и далее пытаться использовать условия Калмана, а в нелинейном - переходить к задаче о локальной управляемости. В любом случае результаты этого параграфа можно рассматривать как важный первый шаг к исследованию таких задач.

В третьей главе первая дифференциальная система такая же, как рассмотренные в первой главе, а вторая является нелинейной по фазовой переменной и линейной по управлению с матрицей перед управляющим вектором специального вида. Доказательство основного результата о

локальной управляемости, поставленной таким образом задачи, опирается на результаты первой главы, известные достаточные условия полной управляемости Красовского, а также на доказанные в работе две леммы. В результате полученные новые достаточные условия локальной управляемости для поставленной задачи выражаются через исходные данные введенных управляемых систем, что показывает завершенность данного результата.

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, а также к задаче о восстановлении k -ой производной тригонометрического полинома по его коэффициентам, известным со случайной ошибкой. Известные ранее результаты для таких приложений рассматривали детерминированную ошибку в исходных данных. Результаты четвертой главы непосредственно не связаны с результатами, полученными в первых трех главах. Однако, ясно, что исходные данные управляемых системы также могут быть заданы со случайной ошибкой. Поэтому полученные в этой главе результаты можно рассматривать как первый шаг для исследования управляемости динамических систем с приближенно заданными исходными данными.

Все результаты диссертации являются новыми. Достоверность результатов не вызывает сомнений, подтверждается подробным опубликованием в рецензируемых научных журналах, представлением на семинарах и конференциях. Полученные в диссертации результаты полно представлены в пяти научных работах и четырех тезисах к докладам. Материалы диссертационного исследования докладывались автором и обсуждались на многочисленных международных и всероссийских конференциях и научных семинарах.

В диссертации предложены:

- 1) Достаточные условия управляемости для трех классов управляемых систем со сменой фазового пространства.

- 2) Общая теорема о восстановлении значений линейного оператора на некотором классе по исходной информации, заданной со случайной ошибкой, и приложение этой теоремы к дифференциальным уравнениям и тригонометрическим полиномам.

В работе получены оригинальные результаты, которые могут найти применение, прежде всего, в теории управления и оптимизации и в вопросах восстановления решений по неполной или неточно заданной исходной информации в широком круге прикладных задач.

Содержания автореферата соответствует основным положениям диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. При постановке основной задачи первой главы, не указаны условия и ограничения на управляющие параметры u и v .
2. Основное определение управляемости для поставленной задачи на стр. 36 лучше вынести в отдельное определение.
3. В теореме 1.4.1 доказано большее, чем в ее утверждении: существуют управления u и v , позволяющие попасть из **любой** точки исходного множества в **любую** точку конечного множества. Надо было либо изменить определение управляемости для этой задачи, либо отметить этот факт в замечании.
4. Полную управляемость системы 1.17 на стр. 38 надо было показать, расшифровав для нее критерий Калмана.
5. В конце стр.39 в формуле (1.21) пропущен знак суммы.
6. В замечании 2.1.2 надо было пояснить, что значит «применить теорему 2.1.1 для внешней оценки».
7. На стр. 59 используется понятие «окрестность локальной управляемости», которое нигде в работе не определено.

Указанные недостатки не умаляют научной ценности данной работы.

Заключение. Диссертационное исследование Максимовой Ирины Сергеевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новые решения научных задач управляемости и восстановления, имеющей важное значение для теории управления. 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, ФИО, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика.

Официальный оппонент

ведущий научный сотрудник Института проблем
управления имени В.А. Трапезникова РАН,
доктор физико-математических наук (01.01.09)



Е.Р. Аваков

Подпись Авакова Е.Р. заверяю.

21.11.2025

ФИО

Гербовая печать

Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65,
+7 495 334-89-10, dan@ipu.ru

Подпись

Аваков Евгений Рачинович

ЗАВЕРЮ

Вед. инженер

ДАНИЛОВА Е.А.

Данилова

