

О Т З Ы В

члена диссертационного совета Сотниковой Маргариты Викторовны на диссертацию Попкова Александра Сергеевича на тему «Оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Актуальность. Диссертационная работа Попкова А. С. Направлена на развитие методов построения оптимального управления в задачах с линейной и нелинейной математической моделью объекта. Целью управления ставится перевод объекта из начального положения на линейное многообразие за заранее заданное время. Рассматриваются несколько классов функций, в которых выбирается управление: кусочно-постоянные функции, кусочно-линейные и кусочно-квадратичные. На выбор управления наложены ограничения сверху и снизу. Исследуется вопрос построения множеств достижимости и управляемости для линейной нестационарной системы. Для нелинейных систем рассматривается как задача построения программного управления, так и позиционного, предполагающего корректировку управления в режиме реального времени в зависимости от текущего состояния объекта. Автором предлагаются конструктивные методы сведения поставленных задач к задачам математического программирования, что позволяет применить полученные результаты на практике.

С учетом отмеченных обстоятельств, представленная работа является, несомненно, актуальной с научной и прикладной точек зрения.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Глава 1 является вводной, в ней описан метод решения задачи оптимального управления для линейной нестационарной системы. Исходная задача решается в классе кусочно-постоянных функций и сводится к задаче линейного программирования. Приведен обзор методов решения линейных задач оптимального управления и различных задач математического программирования.

Глава 2 посвящена исследованию вопросов построения множеств достижимости и управляемости для линейной задачи. Построение этих множеств сводится к задаче линейного отображения многомерного куба. Для множеств сформулированы свойства и предложен точный способ их построения. Приведено обоснование метода формирования множеств.

В главе 3 рассматривается задача управления с линейной моделью, однако основной класс кусочно-постоянных функций заменяется на классы кусочно-линейных и кусочно-квадратичных функций. Это делается для достижения свойств непрерывности и гладкости управления. Показано, что в первом случае задача построения оптимального управления сводится к задаче линейного или квадратичного программирования в зависимости от критерия качества, а во втором – к задаче математического программирования с квадратичными ограничениями. Исследуется также вопрос наличия дополнительных ограничений в модели, включая невыпуклые ограничения на управление и вектор состояния объекта.

В главе 4 рассмотрена нелинейная задача управления. Представлен приближенный алгоритм решения, заключающийся в линейном приближении правой части системы дифференциальных уравнений в окрестности предыдущих решений. Таким образом, нелинейная задача состоит в многократном решении линеаризованных задач, алгоритм для которых описан в первой главе. Приведено теоретическое обоснование метода и два примера, иллюстрирующих его работу. Две вариации алгоритма отличаются тем, что в первом случае конструируется программное управление, во втором – позиционное.

Объем русскоязычной версии работы составляет 148 страниц, включая список литературы и два приложения.

Основные результаты. В соответствии с темой диссертации, ключевым результатом является метод построения позиционного управления для нелинейной задачи в классе кусочно-постоянных функций, приведенный в пункте 4.3.3. Кроме него, можно выделить еще несколько важных результатов:

- Приближенный метод построения кусочно-постоянного управления для нелинейной задачи в программном режиме (пункт 4.3.2).
- Метод нахождения оптимального управления в классе кусочно-линейных функций для линейной задачи (пункт 3.1.1).
- Метод нахождения оптимального управления в классе кусочно-квадратичных функций для линейной задачи (пункт 3.1.2).
- Метод построения множеств достижимости и управляемости для линейной задачи с кусочно-постоянным управлением (параграф 2.6).

Научная и практическая значимость. Ценность работы заключается в предложенных конструктивных алгоритмах решения поставленных задач. Отдельную научную значимость имеют теоретические выводы, оформленные в виде лемм и теоремы (в главах 2 и 4).

Практическая ценность состоит в том, что представленные алгоритмы реализованы на одном из самых востребованных языков программирования Python и их работа проиллюстрирована на ряде примеров, что подтверждает корректность как самих алгоритмов, так и их реализации. Кроме того, программный код использует современные известные библиотеки и один из самых эффективных решателей задач линейного и квадратичного программирования.

Обоснованность результатов. Достоверность результатов подтверждается строгостью доказательств приведенных автором утверждений, практическими примерами, большим количеством публикаций по теме работы и апробацией на международных конференциях. Стоит также отметить, что исследование получило поддержку Российского фонда фундаментальных исследований.

Замечания. К работе имеется несколько замечаний.

1. В работе не представлено примеров построения множеств достижимости и управляемости. При этом в работе приведен алгоритм построения этих множеств и его строгое математическое обоснование (глава 2), а также обзор известных методов отображения N -мерного куба с указанием их недостаточной вычислительной эффективности. Было бы логично привести пример и сравнить вычислительную эффективность разработанного метода с известными аналогами, что дополнительно бы усилило работу.

2. Не рассмотрен вопрос о применении алгоритма построения множеств достижимости и управляемости в контексте рассматриваемой краевой задачи для линейной системы с ограничением в виде принадлежности конечной точки гиперплоскости.

3. В математические модели, рассмотренные в диссертации, не входят возмущения, хотя они всегда присутствуют при решении практических задач, наряду с дополнительной неучтенной динамикой. Кроме того, предполагается, что для построения управления доступен полный вектор состояния объекта, что обычно также не соответствует практике. Отмеченные обстоятельства в ряде случаев затрудняют практическое использование полученных в диссертации результатов. Необходимо отметить, что в примерах главы 4, где рассматриваются вопросы о построении позиционного управления, также не вводятся возмущения и не иллюстрируется работа алгоритмов управления в условиях возмущений.

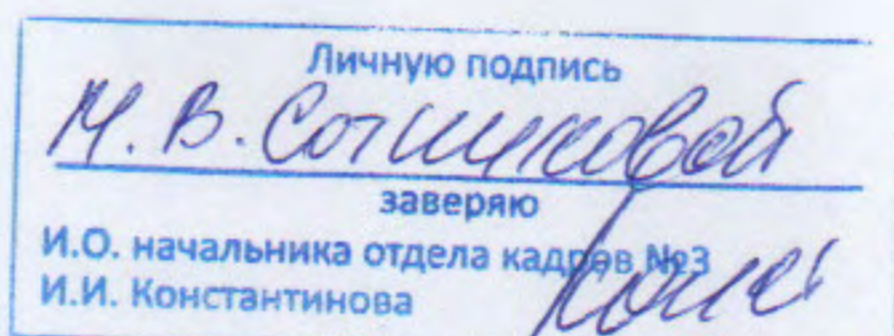
Указанные замечания не умаляют общей высокой оценки работы, ее теоретической и практической значимости. Текст диссертации написан очень аккуратно, результаты работы ясно изложены.

Диссертация Попкова Александра Сергеевича на тему: «Оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Попков Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
профессор, заведующий кафедрой
компьютерных технологий и систем СПбГУ,
доктор физико-математических наук, доцент

Сотникова М. В.

10.01.2023



10.01.2023

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>

