

Отзыв
на автореферат диссертации
Дарьиной Анны Николаевны

«Методы решения задач оптимального управления с фазовыми ограничениями, возникающими в робототехнике», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика»

Диссертационная работа А.Н. Дарьиной представляет собой совокупность теоретических основ оптимального управления, современных методов вычислительной математики и прикладных задач робототехники. Особую ценность работы составляет не только её прикладная направленность, но и разработка новых вычислительно устойчивых и эффективных алгоритмов для решения класса задач, традиционно считающихся «трудными» в численном анализе – задач оптимального управления с фазовыми ограничениями, особенно в случаях нарушения условий регулярности.

Одной из ключевых трудностей при численном решении задач с фазовыми ограничениями является сингулярность множителей Лагранжа, возникающая при касании траекторией границы допустимой области. Автором предложен и строго обоснован метод регуляризации через ε -возмущения динамики, который преобразует исходную нерегулярную задачу в последовательность регулярных задач, допускающих корректное применение численных методов стрельбы. С вычислительной точки зрения это решение чрезвычайно удачно: оно сохраняет структуру исходной задачи, не вводит искусственных штрафов или барьеров, искажающих оптимальное решение, и обеспечивает монотонную сходимость регуляризованных решений к истинному при $\varepsilon \rightarrow 0$.

Численные эксперименты, представленные в главе 1, демонстрируют как устойчивость алгоритма, так и его высокую точность: даже при $\varepsilon = 0.01$

получаемое решение практически неотлично от предельного, а поведение меры-множителя Лагранжа корректно воспроизводит ожидаемую структуру (включая участок вдоль границы препятствия).

В главе 2 рассматривается ещё более сложный класс – задачи с фазовыми ограничениями глубины 2, соответствующие динамике Ньютона (управление через ускорение). Здесь автор разрабатывает модифицированный метод стрельбы, учитывающий скачки производной множителя Лагранжа в точках входа/выхода на границу. Предложена явная формула для оценки скачка $\Delta\mu$, что позволяет встраивать эту информацию непосредственно в алгоритм стрельбы.

В главе 3 автор переходит от чисто непрерывных методов к дискретизации пространства решений через построение графа касательных. Этот подход, известный в геометрическом планировании, здесь обогащается точными аналитическими формулами времени прохождения для прямолинейных участков, дуг и поворотов на месте, учитывающими кинематику конкретного робота (расстояние между колёсами, ограничения скорости и т.п.).

В главе 4 работа выходит на уровень практической реализации на бортовых вычислителях (NVIDIA Jetson/Xavier). Здесь автор использовала точное решение (из глав 1–3) как «эталон» для обучения нейросетевой модели динамики и синтеза функции выбора.

Эксперименты на реальном роботе (включая прохождение сложной трассы с подъёмом) подтверждают вычислительную надёжность предложенных методов: система работает стабильно в течение 7+ кругов без сбоев локализации, что говорит о высокой устойчивости как алгоритмов, так и их программной реализации.

Автореферат написан чётко и понятно, изложение отличается научной строгостью. В то же время считаю необходимым отметить следующие замечания:

1. в автореферате не указаны параметры сходимости итерационных процедур, критерии останова, а также оценки погрешности аппроксимации;
2. отсутствует информация о программной реализации: используемые библиотеки, язык программирования, возможность воспроизведения результатов.

Несмотря на указанные замечания, которые не снижают достоинств работы, диссертация А.Н. Дарьиной представляет собой законченную научно-квалификационную работу, решающую научную проблему поиска точного решения задач оптимального управления с фазовыми ограничениями. Все методы сопровождаются строгим теоретическим обоснованием, детальным описанием численной реализации и обширной экспериментальной базой.

Считаю, что работа полностью соответствует требованиям, изложенным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук и имеет значительный потенциал для применения в образовательном процессе, а её автор Дарьина Анна Николаевна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Член-корреспондент РАН,
д.ф.-м.н., профессор,
профессор кафедры нелинейных
динамических систем и процессов управления
МГУ имени М.В. Ломоносова

Ильин А.В.

