

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 пример синергии классических методов теории оптимального управления и современных подходов машинного обучения (МО) в контексте автономной навигации мобильных роботов. На фоне множества исследований, где МО применяется изолированно или в рамках так называемой технологии «Black Box», данная работа выделяется продуманной гибридной архитектурой, в которой аналитические методы и методы обучения взаимно усиливают друг друга, обеспечивая как теоретическую строгость, так и практическую устойчивость в условиях неопределённости.

Особую научную и прикладную ценность представляет предложенная автором концепция «ядра управления» – точного решения, полученного с помощью регуляризированных версий принципа максимума Понтрягина, и «адаптивного слоя» на основе нейросетевых и эволюционных методов. Такой подход позволяет обойти ключевые ограничения чисто нейросетевых решений: отсутствие гарантий устойчивости, интерпретируемости и высокую потребность в данных. В то же время, он преодолевает недостатки классических методов – их чувствительность к неопределённостям модели и невозможность работы в реальном времени при высокой размерности задачи.

Разработанный автором метод ASLAM-MPPI (Active Simultaneous Localization and Mapping – Model Predictive Path Integral) демонстрирует передовой уровень интеграции МО в задачи планирования и локализации. Использование нейросетевой модели динамики робота внутри MPPI-

алгоритма позволяет эффективно генерировать и оценивать тысячи траекторий в реальном времени, учитывая, как физические ограничения, так и данные от сенсоров. При этом активный компонент SLAM обеспечивает устойчивую локализацию даже в сложных условиях (например, на подъёмах и поворотах), что критически важно для промышленных применений.

Все предложенные методы не ограничиваются теоретическими построениями: они реализованы в виде программных модулей, протестированы на симуляторах и, что особенно важно, успешно апробированы на реальных роботах в Робототехническом центре ФИЦ ИУ РАН. Эксперименты с использованием ArUco-маркеров, NVIDIA Jetson/Xavier и нейросетевых моделей динамики подтверждают работоспособность и надёжность предложенных решений в условиях, близких к реальным.

Работа А.Н. Дарьиной вносит свой вклад в развитие интерпретируемого и безопасного машинного обучения для робототехники. Предложенные гибридные архитектуры открывают путь к созданию автономных систем, сочетающих строгие гарантии поведения (от классических методов) с адаптивностью и обобщающей способностью (от МО). Такой подход особенно перспективен для критически важных приложений – от промышленной автоматизации до беспилотного транспорта.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, отличается методологической строгостью, новизной и практической значимостью. Результаты работы заслуживают широкого признания в научном сообществе и могут стать основой для дальнейших исследований на стыке теории управления, робототехники и машинного обучения.

Структура автореферата выдержана чётко, изложение отличается ясностью и научной строгостью. Однако есть некоторые замечания.

1. Автореферат не раскрывает детали архитектуры и обучения нейросетевых моделей: выбор функции потерь, методы регуляризации, объём обучающей выборки. Без этих сведений

сложно оценить воспроизводимость и надёжность полученных результатов.

2. Не ясно моделируются ли типичные для робототехники неопределённости: изменение массы, проскальзывание колёс, задержки в управлении, шумы измерений, динамические препятствия.

Несмотря на отмеченные замечания, которые не умаляют существенных достоинств исследования, диссертация А.Н. Дарьиной представляет собой завершённую и цельную научно-квалификационную работу, в котором успешно решена актуальная научная проблема – поиск точных решений в задачах оптимального управления при наличии фазовых ограничений. Работа отличается как теоретической проработкой, так и одновременно явно выраженной практической значимостью.

Полагаю, что данная диссертация полностью удовлетворяет требованиям, установленным пунктами 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к докторским диссертациям. Её результаты обладают видимым прикладным потенциалом, а её автор, Дарьина Анна Николаевна, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Ректор Университета «Иннополис»,
член-корреспондент РАН,
д.ф.-м.н., профессор

Гасников А.В.

