

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Сунь Силуна на тему «Математическое моделирование процессов интеллектуального управления роботизированным манипулятором» по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационного исследования

Развитие современных робототехнических систем требует создания алгоритмов управления, способных эффективно функционировать в неструктурированных средах с высокой степенью неопределённости. Традиционные подходы, основанные на аналитическом моделировании динамики, сталкиваются с вычислительной «жесткостью» систем дифференциальных уравнений, экспоненциальным ростом сложности при увеличении числа степеней свободы и трудностями адаптации к внешним возмущениям. В то же время методы искусственного интеллекта, в частности обучение с подкреплением, характеризуются низкой эффективностью выборки данных и длительным временем сходимости, что ограничивает их применение в реальном времени. Дополнительно сохраняется разрыв между высокоуровневым семантическим планированием на основе больших языковых моделей и низкоуровневым моторным контролем. В этих условиях разработка гибридных математических моделей, сочетающих устойчивость детерминированных динамических систем с гибкостью обучаемых алгоритмов, создание ускоренных численных методов оптимизации и их программная реализация представляют значительный научный интерес и соответствуют задачам специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научная новизна

Диссертантом предложен метод математического моделирования гибридных динамических систем, интегрирующий детерминированное описание траекторий на основе динамических двигательных примитивов со стохастическими процедурами параметрической оптимизации в рамках обучения с подкреплением. Предложен численный метод ускоренной стохастической оптимизации, отличающийся применением механизма оптимального буфера воспроизведения с вероятностной выборкой, ранжированной по величине вознаграждения, что обеспечивает сокращение времени сходимости алгоритма. Разработан метод семантической декомпозиции задач управления, формализующий преобразование

высокоуровневых инструкций в последовательность динамических примитивов через выделение ключевых состояний траектории. Реализован комплекс проблемно-ориентированных программ в архитектуре ROS, воплощающий предложенные модели и алгоритмы и обеспечивающий интеграцию модулей восприятия, планирования и исполнения команд. Разработанные численные методы параметрической идентификации на основе локально-взвешенной регрессии и автоматической сегментации экспертных данных позволяют эффективно решать задачи обучения в условиях зашумлённых демонстраций.

Практическая значимость

Результаты работы реализованы в виде программного комплекса на базе ROS, прошедшего апробацию на стендах с манипуляторами KUKA iiwa и UR3, а также в симуляционной среде RLBench. Получены три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Методы внедрены в образовательный процесс Шэньчжэньского института передовых технологий Китайской академии наук и Кубанского государственного университета, а также используются в исследовательской деятельности профильных лабораторий и научных центров (Центр искусственного интеллекта КубГУ и Гуандунская лаборатория искусственного интеллекта и цифровой экономики).

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В автореферате справедливо отмечается проблема «жёсткости» традиционных ОДУ-моделей, однако предлагаемый вычислительный аппарат не содержит специализированных численных методов для её преодоления, таких как неявные схемы, BDF-интеграторы или алгоритмы с автоматическим управлением шагом интегрирования. Кроме того, не рассматривается потенциал экстраполяционных подходов для повышения точности аппроксимации траекторий, а оценка погрешности гибридных схем ограничена эмпирическими метриками без строгого математического обоснования.

2. В работе отсутствует строгое теоретическое обоснование сходимости предложенного механизма оптимального буфера воспроизведения в условиях высокоразмерных пространств состояний и стохастических возмущений. Представленные доказательства носят преимущественно экспериментальный характер, что не позволяет оценить гарантированные границы применимости метода за пределами тестовых бенчмарков.

3. Апробация программных модулей проведена на ограниченном наборе задач манипулирования, что не раскрывает вопросов масштабируемости комплекса при переходе к системам с большим числом степеней свободы или к задачам с непрерывным контактным взаимодействием. Кроме того, в

автореферате не приведены требования к вычислительным ресурсам и программно-аппаратной конфигурации, необходимые для независимого воспроизведения экспериментальных результатов.

Однако, данные замечания не являются принципиальными и не снижают ценности полученных автором результатов. Диссертация Сунь Силуна на тему «Математическое моделирование процессов интеллектуального управления роботизированным манипулятором» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Сунь Силун, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доцент кафедры Систем
автоматизированного проектирования,
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет имени
В. И. Ульянова (Ленина), к.т.н.

Рыбин Вячеслав Геннадьевич

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)"

Почтовый адрес: 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

Тел. рецензента: +7 (812) 234-37-98

Сайт: <https://etu.ru/>

E-mail: vgrybin@etu.ru

