

Создание мультимодального набора данных для обучения демонстрацией при выполнении контактных операций

Лещенко Н. А. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Колюбин С.А. (ИТМО)

Введение. Обучение роботов через демонстрации позволяет автоматизировать сложные технологические процессы, такие как сборка, обработка поверхностей, взаимодействие с податливыми и хрупкими предметами, где требуется точное управление силой взаимодействия [1]. Актуальность работы обусловлена необходимостью создания собственного набора данных для повышения адаптивности и ловкости робототехнических систем. Большинство существующих датасетов для проектирования функциональных захватных устройств и обучения стратегий управления манипулированием ограничиваются данными относительно положения самого захвата и фаланг. Новизна реализуемого исследования состоит в разработке методологии постановки натурных экспериментов для сценариев контактного манипулирования и создании датасета, комплексизирующего позиционные измерения с данными силомоментных и тактильных датчиков. За счет обучения на расширенном наборе измерений должны обеспечиваться лучшая обусловленность и большая надежность стратегии управления манипулированием, а также более точная воспроизводимость сенсомоторных навыков человека в сложных сценариях.

Основная часть. В работе произведен анализ существующих методик подготовки и характеристик существующих наборов данных для обучения демонстрацией, на основе чего предложена собственная методика и поставлены эксперименты по сбору данных в конфигурации «робот вне контура обучения» с помощью многокамерной системы оптического захвата движения, датчиков активного зрения, а также массивов тактильных и силомоментного датчика при выполнении контактной манипуляции хрупкими близко расположенными объектами. Это позволило с высокой точностью фиксировать не только положение в пространстве рук и пальцев человека для составления траектории движения, но и синхронно с движением записывать измерения пространственных вектором сил и моментов в точках контакта, получая более полную картину демонстрируемого сенсомоторного навыка. Далее полученные данные были обработаны, включая удаление выбросов и фильтрацию шумов, и комплексированы.

В дальнейшем полученные данные могут быть использованы для обучения моделей навыков, например, на основе стохастических моделей параметризации движений GMM [2], которые в свою очередь позволят повысить качество обучения стратегий управления манипулированием, например, при введении регуляризирующих компонент в функции вознаграждений при обучении с подкреплением [3].

Выводы. Разработана методология сбора данных и подготовлен мультимодальный датасет, объединяющий измерения системы оптического захвата движений, датчиков активного зрения, тактильных и силомоментных датчиков, соответствующий последовательностям измерений при выполнении человеком контактных операций манипулирования хрупкими близко расположенными объектами, что может найти применение, в частности, при автоматизации «мокрых» процессов в химических лабораториях. Полученные результаты позволят повысить качество и надежность моделей сенсомоторных навыков и стратегий управления манипулированием с контролем сил взаимодействия, синтезируемых на основе обучения на основе демонстраций.

Список использованных источников:

1. Billard A. et al. Robot programming by demonstration // Handbook of Robotics. – 2008.
2. Calinon S. et al. A tutorial on task-parameterized movement learning and retrieval // Robotics and Autonomous Systems. – 2016. – P. 1-9.
3. Kormushev P. et al. Reinforcement learning in robotics: Applications and real-world challenges // Robotics. – 2013.
4. Tirumala D. et al. Behavior Priors for Efficient Reinforcement Learning // Proc. of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML). – 2023.