

Введение. Современная промышленность все больше ориентируется на использование робототехнических систем, включая антропоморфные манипуляторы с множеством степеней свободы. Этот тренд обусловлен стремлением повысить точность и эффективность выполнения манипулятивных операций, а также улучшить безопасность работы в труднодоступных и опасных для человека средах. При анализе существующих решений как в России, так и за рубежом, обнаружено, что многие исследования в области управления антропоморфными манипуляторами основаны на классических методах кинематического моделирования и традиционных алгоритмах управления, таких как PID-регуляторы. Однако, с развитием технологий машинного обучения, включая обучение с подкреплением, наблюдается переход к более гибким и адаптивным подходам. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что разработка эффективных методов управления робототехническими системами является приоритетной задачей [1].

Основная часть. Одним из ключевых элементов разработки управления антропоморфным манипулятором является моделирование его кинематики [2]. Существует несколько подходов к моделированию, включая использование матричной нотации Денавита-Хартенберга и прямую задачу кинематики для определения координат рабочего органа манипулятора в зависимости от значений углов поворота звеньев [3].

Одним из подходов к управлению манипуляторами является обучение с подкреплением, где агент взаимодействует со средой и получает награду за правильные действия. В контексте управления антропоморфным манипулятором, Q-обучение становится перспективным методом, позволяющим агенту оптимизировать выбор действий без явного моделирования окружающей среды [4].

Работа включает разработку программы на языке программирования Matlab, реализующей алгоритм Q-обучения для управления двухзвенным манипулятором [5]. Программа основана на функции определения координат рабочего органа манипулятора и Q-таблице, которая содержит оценки полезности действий в различных состояниях [6]. Алгоритм Q-обучения обновляет значения в таблице на основе полученных наград и позволяет агенту научиться выбирать оптимальные действия для достижения заданных целей [7].

Выводы. Результаты экспериментов с различными параметрами программы подтверждают эффективность применения метода Q-обучения для управления антропоморфными манипуляторами. Программа демонстрирует потенциал применения метода Q-обучения для управления робототехническими системами и открывает новые перспективы в области автоматизации производственных процессов и робототехники. Практическое использование разработанной программы и другие испытания можно производить через эмулятор.

Список использованных источников:

1. Батенко А. П. Системы терминального управления / А. П. Батенко. - М. : Радио и связь, 1984.
2. Kabanov A.A., Balabanov A.N. The modeling of an anthropomorphic robot arm // MATEC Web of Conferences 224, Vol. 224, 2018 (Proceedings of International Conference on Modern Trends

in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018) Sevastopol, Russia, September 10-14, 2018, doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822404024>.

3. Denavit, Jacques; Hartenberg, Richard Scheunemann (1955). "A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices". *Trans ASME J. Appl. Mech.* 23: 215–221.

4. Ng A. Machine Learning Course (video, lecture notes, presentations, labs). URL:<http://coursera.com>

5. Дьяконов В. П. MatlabR2006/2007/2008. Simulink 5/6/7. Основы применения. – М.: Библиотека профессионала (Солон-пресс). 2010. 768 с. ил.

6. Нечаев Ю.И. Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени // Тр. 5-й Всероссийской конференции Нейроинформатика–2003. Лекции по нейроинформатике. Часть 2. –М.: МИФИ, 2003. с. 119–179.

7. Терминальная система. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Терминальная_система