

УДК 004.896

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

Даниленко И.Е.¹

Научный руководитель – инженер факультета программной инженерии и компьютерной техники Авдюшина А.Е.¹

¹Университет ИТМО
iedanilenko@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Введение

Активное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) мультироторного типа открывает широкие перспективы для их применения в сложных и динамичных средах: от мониторинга инфраструктуры и доставки грузов до поисково-спасательных операций. Ключевым условием автономной и безопасной эксплуатации в таких условиях является способность аппарата к эффективному и надежному обходу препятствий, возникающих на пути следования. Традиционные подходы к навигации, основанные на детализированном картографировании и предопределенных правилах, часто обладают недостаточной гибкостью, требуют значительных вычислительных ресурсов и плохо адаптируются к неопределенностям реального мира [1]. Использование машинного обучения с подкреплением для решения задачи обхода препятствий дает возможность учитывать неопределенность динамической среды, а также решить проблему чрезмерного использования вычислительных ресурсов за счет оптимизации моделей машинного обучения и использования специализированных аппаратных ускорителей. В данной работе рассматривается создание среды для обучения алгоритмов машинного обучения с подкреплением для решения задачи обхода препятствий БПЛА.

Основная часть

Для построения среды обучения алгоритмов машинного обучения с подкреплением необходимо осуществить выбор симулятора, фреймворка обучения с подкреплением, а также симуляционной модели БПЛА. Для обучения с подкреплением чаще всего используются следующие симуляторы: «Gazebo», «MuJoCo» и «PyBullet» [2]. Симулятор «PyBullet» не обладает системой имитации сенсорных систем, поэтому не может быть использован в рамках данной работы. В рамках эксперимента по измерению использования вычислительных ресурсов при симуляции БПЛА было выявлено, что лучшим выбором для построения среды обучения является симулятор «MuJoCo». На данный момент существует несколько фреймворков для обучения с подкреплением: «OpenAI Gym», «TorchRL», «Gymnasium», «OpenRL». Самым современным и функциональным из них является «Gymnasium» [3-6]. Для обеспечения адаптивности конечного обученного алгоритма предлагается использовать генерацию среды на основе случайного распределения [7]. Препятствия генерируются в круговой области вдоль пути следования БПЛА. Для создания плавного случайного распределения предлагается функция шума, которая комбинирует несколько синусоидальных и косинусоидальных функций с различными частотами, генерируемыми псевдослучайным генератором на основе заданного семени. Также на основе случайного распределения предлагается генерировать количество препятствий и их размер. В качестве тестирования среды обучения предлагается использовать алгоритм Proximal Policy Optimization для обучения политики действиям.

Выводы

Проведено сравнение различных симуляторов для использования в рамках обучения с подкреплением. Рассмотрены фреймворки для обучения с подкреплением. Разработан

алгоритм на основе случайного распределения для генерации симуляционных сред. Спроектирована и разработана среда для обучения с подкреплением для решения задачи обхода препятствий с помощью БПЛА. Разработан base-line для тестирования системы обучения.

Литература

1. Küçükerdem H., Yilmaz C., Kahraman H. T. Autonomous control of unmanned aerial vehicles: applications, requirements, challenges // *Cluster Computing*. — 2025. — Vol. 28. — P. 36.
2. Kaup M., Wolff C., Hwang H. A Review of Nine Physics Engines for Reinforcement Learning Research // *CoRR*. — 2024. — Vol. abs/2407.08590. — P. 11.
3. Brockman G., Cheung V., Pettersson L. OpenAI Gym // *CoRR*. — 2016. — Vol. abs/1606.01540. — P. 4.
4. Huang S., Chen W., Sun Y. OpenRL: A Unified Reinforcement Learning Framework // *CoRR*. — 2023. — Vol. abs/2312.16189. — P. 10.
5. Bou A., Bettini M., Dittert S. TorchRL: A data-driven decision-making library for PyTorch // *CoRR*. — 2023. — Vol. abs/2306.00577. — P. 35.
6. Towers M., Kwiatkowski A., Terry J. Gymnasium: A Standard Interface for Reinforcement Learning Environments // *CoRR*. — 2024. — Vol. abs/2407.17032. — P. 14.
7. Perlin K. An Image Synthesizer // *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*. — 1985. — Vol. 19, no. 3. — P. 287–296.