

УДК 004.896

Нейросетевое управление квадрокоптером: сочетание виртуальной среды и симуляции на железе в обучении высокоуровневому и низкоуровневому управлению

Григорьева Е.Д. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Власов С.М. (ИТМО)

Введение. При решении задачи нейросетевого управления квадрокоптером одной из основных сложностей является безопасный и достоверный сбор данных для обучения. Использование только виртуальных симуляторов не всегда даёт возможность учесть реальные аппаратные ограничения, что усложняет перенос обученной модели на реальный летательный аппарат. Поэтому актуальным становится сочетание виртуальной среды с реальными экспериментами, позволяющее эффективно собирать данные как для высокоуровневого, так и низкоуровневого управления.

Основная часть. В данной работе применяется подход Hardware-In-The-Loop [1], при котором реальное бортовое оборудование квадрокоптера интегрируется в симуляционную среду. Такая конфигурация даёт возможность собирать данные без риска повреждения аппарата в реальных полетах и одновременно учитывать аппаратные ограничения. В качестве виртуальной среды использовался физический движок MuJoCo [2], обеспечивающий точное моделирование динамики с учётом массы, моментов инерции и аэродинамических характеристик.

На собранном испытательном стенде были автоматизированы процессы сбора и предобработки полетных данных, что позволяет гибко переключаться между тестовыми полётами в симуляции и в реальном пространстве. Для проверки данного подхода была обучена рекуррентная нейронная сеть, которая по данным о положении и скорости квадрокоптера выдавала высокоуровневое управление. Кроме того, в ряде экспериментов протестированы классические алгоритмы, такие как PID-регулятор, и более продвинутые методы (Model Predictive Control), демонстрирующие повышенную энергоэффективность и устойчивость к возмущениям.

Предложенное решение даёт возможность бесшовно переходить от виртуального моделирования к реальным полётам, упрощая процесс отладки и ускоряя цикл обучения. Разработанные программные модули полностью совместимы с полётными контроллерами на Ardupilot, что сокращает время внедрения.

Выводы. Сочетание виртуальной среды и стенда с реальным оборудованием снижает риск повреждения летательного аппарата и учитывает специфику аппаратных узлов, что позволяет безопасно обучать квадрокоптер нейросетевому управлению. Технология Hardware-In-The-Loop обеспечивает плавную интеграцию симуляции и реальности. Дополнительное обучение на реальных полётах повышает качество полученных моделей. В перспективе возможно расширение методики на другие типы летательных аппаратов.

Список использованных источников:

1. Документация HITL // URL: <https://ardupilot.org/dev/docs/hitl-simulators.html>
2. Документация MuJoCo // URL: <https://mujoco.readthedocs.io/en/stable/overview.html>