

ПОСАДКА БЛА НА КАЧАЮЩУЮСЯ ПЛАТФОРМУ

А. И. Бадеха

АО «ЭЙРБУРГ», Екатеринбург, Россия

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) активно применяются в морских операциях, включая мониторинг окружающей среды, разведку, доставку грузов и поисково-спасательные работы. Одной из ключевых задач при использовании БЛА в морских условиях является обеспечение точной и безопасной посадки на подвижные платформы, такие как вертолетные палубы морских судов. Основные сложности, связанные с посадкой БЛА на качающуюся платформу, включают:

- 1) постоянное смещение точки приземления из-за качки судна [1];
- 2) влияние ветровых возмущений на траекторию движения БЛА;
- 3) необходимость учета конструктивных особенностей платформы или корабля для предотвращения столкновений и механических повреждений.

Посадка БЛА может выполняться как в ручном режиме, так и автоматически. Для автоматизации подобных задач в робототехнике широко применяется обучение с подкреплением – метод машинного обучения, который позволяет программному обеспечению принимать решения для достижения оптимальных результатов [2]. Этот метод основан на принципе проб и ошибок, аналогичном процессу обучения человека. В рамках данного исследования предлагается использовать методы глубокого обучения для автоматизации посадки БЛА.

Процесс автоматической посадки на платформу можно разделить на два основных этапа: приближение к платформе и непосредственно посадка.

На этапе приближения БЛА управляется с помощью алгоритмов машинного зрения. Для этого аппарат оснащается курсовой камерой и бортовым вычислителем. БЛА обнаруживает посадочную платформу и начинает движение к ней. Этап завершается, когда БЛА оказывается непосредственно над платформой. Для повышения точности позиционирования предлагается нанести на платформу визуальные маркеры. В качестве таких маркеров могут быть использованы двумерные метки «AprilTags», которые представляют собой черно-белые квадраты, устойчивые к искажениям, изменениям освещенности и частичным перекрытиям [3].

На этапе посадки (рис. 1) БЛА плавно снижается, ориентируясь на центр маркера с помощью камеры, направленной в надир. Для реализации этого этапа предлагается использовать агентов глубокого обучения с подкреплением, таких как Deep Q-Networks (DQN) и Proximal Policy Optimization (PPO) [4]. Предполагается, что такие агенты будут развернуты на бортовом вычислителе и предварительно обучены в симуляционной среде, что позволит обеспечить высокую точность и надежность посадки даже в сложных морских условиях.

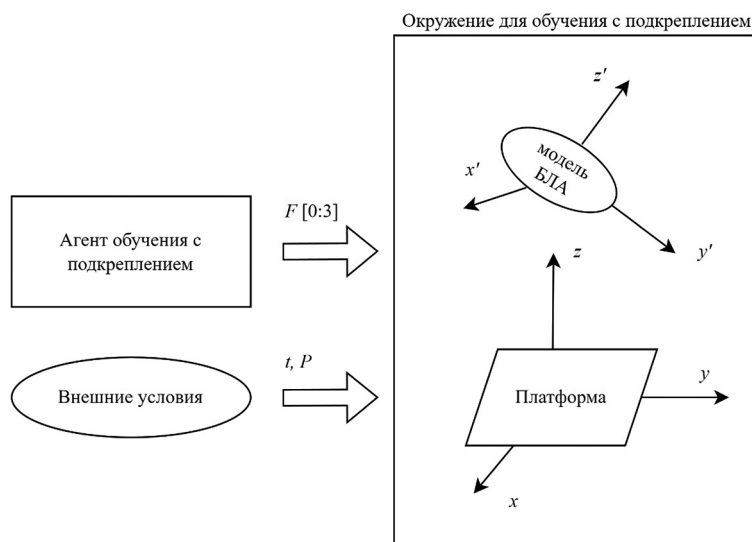


Рис. 1. Автоматическая посадка БЛА на подвижную платформу

Данная работа посвящена разработке симуляционной среды управления БЛА с целью обучения агента с подкреплением. Предложены стратегии агентов, функции переходов и наград. Движения платформы внутри среды описаны с использованием эмпирической модели спектра ветровых волн JONSWAP [5]. Платформа задана в виде прямоугольной пластины; помимо силы тяжести, на каждый из четырех краев платформы действует выталкивающая сила, зависящая от высоты волны и некоторого заданного коэффициента. Динамическая модель летательного аппарата – планера самолетного типа с четырьмя роторами для вертикального взлета и посадки – разработана по данным, полученным в ходе годовой эксплуатации БЛА малой дальности. Модель учитывает аэродинамические силы сопротивления среды. Обученные по излагаемой методике агенты могут быть развернуты в бортовом вычислителе и позволят автоматизировать вертикальную посадку БЛА на качающуюся платформу в морских условиях.

Литература

1. **Грибанов, А. С.** Технические науки посадка вертолета на качающуюся палубу [Текст] / А. С. Грибанов, Д. А. Охотников, Д. С. Красавин // Вопросы науки и образования. – С. 4.
 2. **Узких, Г. Ю.** Применение обучения с подкреплением в реальных условиях [Текст] // Вестник науки. – 2023. – Т. 4, №. 8 (65). – С. 313–315.
 3. **Сивов, Н. Ю.** Компьютерное моделирование изображений кодовых маркеров для оценки точности определения положения объекта в пространстве [Текст] / Н. Ю. Сивов, А. Ю. Поройков // Графikon-конференции по компьютерной графике и зрению. – 2022. – Т. 32. – С. 348–355.
 4. **Wang, Y.** Truly proximal policy optimization [Text] / Y. Wang, H. He, X. Tan // Uncertainty in artificial intelligence. – PMLR, 2020. – С. 113–122.
 5. **Калмыков, В. А.** Эволюция спектра поверхностных волн в глубоком море под действием четырехволновых взаимодействий [Текст] // Морской гидрофизический журнал. – 1995. – №. 3. – С. 2.
-