

## **Использование компьютерного зрения в задаче навигации летательного аппарата-робота на международной космической станции**

**Научный руководитель – Бугров Дмитрий Игоревич**

***Тюрин Ростислав Русланович***

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,  
Москва, Россия

*E-mail: trr1945@gmail.com*

### **Введение**

Свободно летающие роботы на МКС выполняют задачи инспекции, инвентаризации, мониторинга и служат платформами для экспериментов. Одной из ключевых задач является их локализация, особенно в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

Целью исследования является разработка нового, более точного и менее затратного алгоритма локализации для российского сегмента МКС, учитывающего его особые условия. Исследование проводится на базе проектируемого кубического робота, созданного в НИИ механики МГУ.

Использование подобных роботов на МКС уже имеет примеры: SPHERES (2006) [2] для тестирования систем ориентации, Int-Ball (2017) [4] для съемки экспериментов, CIMON (2018) [1] с искусственным интеллектом, Astrobee (2019) [1] для мониторинга и взаимодействия с объектами. Лучшие результаты локализации демонстрирует Astrobee (ошибка 5 см и 0,02 рад по RMSE) [3]. Предполагается, что новый подход снизит ошибку до 2 см.

Для локализации применена модель обнаружения ключевых точек на базе YOLO. Обучение проводилось с использованием изображений и разметки, включающей координаты ограничивающих прямоугольников и ключевых точек [6].

### **Данные**

На данный момент алгоритм локализации испытывался на данных, полученных с симуляционной среды Gazebo, в которой была реконструирована часть российского сегмента МКС. В качестве основных данных использовались записи одометрии во время полета (положение, ориентация) и изображения с двух камер, расположенных на смежных гранях.

Движение робота происходит рядом с двумя взаимно перпендикулярными стенками, состоящими из панелей. На каждой панели располагаются шильдики со своими уникальными номерами, расположение и размеры которых заранее известны. Они будут играть роль реперных объектов.)

Было проведено пять полетов в симуляции. В результате было собрано 354 изображения. На текущем этапе стояла цель проверить сам алгоритм локализации, а сбор и разметка крупного набора данных потребует много ресурсов. В связи с этим было принято решение переобучить модель на имеющихся данных, чтобы стабильно получать ключевые точки. В итоге все изображения были в наборе данных train.

### **Методология**

В качестве основы для решения была взята модель Pinhole камеры [5]. Зная заранее координаты наблюдаемых шильдиков и измеряя расстояние до них от камер, было предложено аналитическое и численное решение для определения положения и ориентации. Для обнаружения шильдиков и их ключевых точек была выбрана модель YOLO11x-pose.

### **Метрики**

Для определения положения и ориентации использовался RMSE. При обучении нейронной модели использовались классические метрики, такие как Object Keypoint Similarity, Average Precision и Average Recall.

### Источники и литература

- 1) Bualat, M. G., Smith, T., Fong, T. W., Smith, E. E., Wheeler, D. W., & The Astrobee Team. (n.d.). Astrobee: A New Tool for ISS Operations. NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035, USA; Stinger Ghaffarian Technologies, Inc., Houston, TX 77058, USA.
- 2) Hilstad, M. O., Enright, J. P., Richards, A. G., & Mohan, S. The SPHERES Guest Scientist Program. Massachusetts Institute of Technology, Space Systems Laboratory. 2010.
- 3) Ryan Soussan, Varsha Kumar, AstroLoc: An Efficient and Robust Localizer for a Free-flying Robot, Conference: 2022 IEEE International Conference on Robotics and Automation. May 2022
- 4) T. John, “An Adorable Floating Robot is Helping Astronauts on the ISS,” Times, July 17, 2017.
- 5) Zhengyou Zhang. A flexible new technique for camera calibration. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 22(11):1330–1334, 2000.
- 6) Ultralytics YOLO Format — Pose Documentation. [Электронный ресурс]. Доступно по ссылке: <https://docs.ultralytics.com/datasets/pose/#ultralytics-yolo-format> (дата обращения: 17.02.2025).