

УДК 629.78

Оптическая относительная навигация космических аппаратов при отделении на орбите

Орлов Владислав Владимирович^(*)
Иванов Данил Сергеевич

orlov.vv@keldysh.ru
danilivanovs@gmail.com

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена задача определения относительных траекторий дочерних космических аппаратов (ДКА) с помощью обработки видео камеры, установленной на материнском космическом аппарате (МКА). Видео записывается на некотором промежутке времени после отделения ДКА от МКА. В работе рассмотрены различные методы обнаружения ДКА и оценки их относительных траекторий, проведено исследование характеристик этих методов с помощью численного моделирования.

Ключевые слова: определение движения, групповой полет, оптическая навигация

Введение. В некоторых космических миссиях процесс отделения одного космического аппарата от другого записывается на видеокамеру. Таким образом, на Земле можно установить успешность отделения. Зная оптические характеристики камеры, координаты ее положения в системе, связанной с МКА и траектории нескольких опорных точек ДКА на изображении, можно найти относительную траекторию движения ДКА в системе координат МКА [1]. В работе рассматривается отделение нескольких ДКА, которые могут заслонять друг друга и быть не видны на изображении камеры МКА, а также содержать или не содержать на своем корпусе специальных меток для определения движения.

Методы и материалы; результаты. В случае, если ДКА имеют расположенные на корпусе специальные черно-белые метки, оценка относительного движения ДКА может быть получено с помощью известных методов компьютерного зрения, например с использованием библиотек Aguco [2, 3]. В более общем случае, когда специальные метки не установлены на ДКА, относительная навигация может быть решена с использованием методов обнаружения особых реперных точек и ребер объектов на изображении. Далее с использованием оценок положений реперных точек на видеоизображении вычисляются относительные координаты поступательного и углового движения ДКА. После отделения ДКА при определенных условиях могут длительное время находиться в окрестности МКА и попадать в поле зрения камеры. В случаях, когда МКА имеет камеру с высоким разрешением для дистанционного зондирования Земли, относительное движения ДКА можно оценить в момент их пролета между МКА и Землей, если камера ориентирована в направлении надира. Множество ДКА может быть отделено от МКА специальным образом, чтобы направление МКА-надир относительные траек-

тории ДКА пересекали несколько раз, что обеспечит возможность определения относительного движения ДКА.

Заключение. Разработан метод навигации ДКА относительно МКА по видеоизображению во время отделения на орбите. Проведено исследование характеристик предложенного метода на примере конкретной миссии группового полета космических аппаратов, проведен анализ точности оценки относительных траекторий.

Список источников

- [1] Ivanov D., Ovchinnikov M., Sakovich M. Relative Pose and Inertia Determination of Unknown Satellite Using Monocular Vision. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2018, art. no. 9731512. <https://doi.org/10.1155/2018/9731512>
- [2] *OpenCV: Detection of ArUco Markers*. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html (accessed 27.08.2025).
- [3] Коптев М.Д., Прошунин Н.Н., Иванов Д.С. Определение движения макетов системы управления микроспутников на аэродинамическом столе с использованием видеокамеры. *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 2015, № 109, 32 с.