

СКВОЗНАЯ КАЛИБРОВКА МАНИПУЛЯТОРНОГО КОМПЛЕКСА И СТЕРЕОСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ПРОЕКТЕ ЛУНА-ГЛОБ

О. Е. Козлов¹, В. А. Котцов¹, И. Н. Сытенко^{1,3}, А. В. Осипов³, А. В. Говоров²,
И. В. Докучаев⁴

¹ИКИ РАН, ²МИГАИК, ³ООО «Диакон Лтд», ⁴ООО «Растр Технолоджи»
г. Москва

В докладе представлена работа по автоматической совместной калибровке стереокамеры системы технического зрения (СТЗ) и научного манипуляторного комплекса, выполняемая в рамках проекта «Луна-Глоб». Задача манипуляторного комплекса с системой технического зрения состоит в выборе образцов грунта, заборе этих образцов и их загрузке в научные приборы. Работа направлена на минимизацию интегральной ошибки управления манипулятором посредством автоматической коррекции по результатам стереосъёмки СТЗ.

Манипуляторный комплекс, снабжённый стерео СТЗ, является сложной системой, которая для успешного функционирования требует калибровки всех составных частей и их взаимной калибровки. Поэтапная калибровка отдельных камер, стереокамеры, положения манипулятора и его частей, положения стереокамеры в системе координат манипулятора приводит к накоплению общей ошибки и снижению точности позиционирования манипулятора по снимкам СТЗ.

Традиционно калибровка стереокамеры производится по специальному тест-объекту или по известным характеристикам изображений, таким как прямолинейность линий и реперные точки, что трудно применимо в реальных космических условиях. Под калибровкой манипулятора понимается его фиксация в стандартном калибровочном положении, которое находится на значительном расстоянии от рабочих положений манипулятора, что снижает реальную точность работы манипулятора.

В работе предложен метод и реализовано программное обеспечение общей автоматической калибровки манипуляторного комплекса и стерео СТЗ, основанные на использовании САД моделей манипулятора и космической станции. Алгоритм сквозной калибровки включает вычислительные потоки фильтрации и преобразования телевизионных изображений, построения расчётного изображения модели манипулятора и видимой части КА, определения параметров внутреннего и внешнего ориентирования каждой из камер и параметров манипулятора, контур минимизации рассогласования расчётного положения манипулятора. Предложенная процедура калибровки манипуляторного комплекса и системы технического зрения обеспечивает уточнение геометрических параметров манипулятора и его положения, что приводит к повышению точности перемещений манипулятора непосредственно в рабочих положениях, т. е. вблизи загрузочных лотков

научных приборов и в местах сбора образцов грунта на исследуемой поверхности.

Предлагаемая калибровка может выполняться в автоматическом режиме на Земле в ходе испытаний, а также на Луне после посадки КА или, при необходимости, по ходу работ. Процедура и программное обеспечение калибровки легко адаптируются к различным конструкциям манипуляторов и могут быть использованы в других космических проектах.

Предложенный подход также может быть использован для автоматического контроля механической и функциональной целостности манипуляторов, подвижных машин и КА, что особенно важно в дальних космических исследованиях. Работа выполняется на базе макета станции, включающего манипулятор и СТЗ, и макета поверхности Луны, в ИКИ РАН в рамках проекта «Луна-Глоб».

Литература

1. Бондаренко А. В., Докучаев И. В., Кораблев О. И., Котцов В. А., Киселев А. Б., Сытенко И. Н., Козлов О. Е., Бибринг Ж. П., Фурмонд Ж. Ж. (2011) Система технического зрения манипуляторного комплекса «Фобос-Грунт», НПО им.С.А.Лавочкина, Институт космических исследований РАН, Москва. 2011, с. 474-482.
2. Dang T., C. Hoffmann, C. Stiller. Continuous Stereo Self-Calibration by Camera Parameter Tracking. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 18, NO. 7, JULY 2009.
3. Devernay F., O. Faugeras. Straight lines have to be straight. Automatic calibration and removal of distortion from scenes of structured environments. INRIA. Machine Vision and Applications,13: 14–24, Springer-Verlag, 2001.