

Технология автоматической кросс-калибровки спутниковых данных методом анализа гистограмм

Кашицкий А.В.(1), Мазуров А.А.(1), Луян Е.А.(1), Пустынский И.С.(2), Холодов Е.И.(2), Кучма М.О.(2)

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) Дальневосточный центр НИЦ «Планета», Хабаровск, Россия

Введение

Качество калибровки данных спутниковых приборов дистанционного зондирования Земли определяет точность измерений физических характеристик снимаемых объектов, таких как КСЯ и радиояркостная температура. Точность радиометрических измерений в свою очередь позволяет разрабатывать и, что более важно, устойчиво применять стандартные алгоритмы обработки данных для получения различных продуктов ДЗЗ. Поэтому полетная калибровка приборов является одним из важных элементов функционирования космических систем ДЗЗ. К сожалению, часть современных приборов на российских и зарубежных космических аппаратах не имеет качественной штатной калибровочной схемы на борту, поэтому применяются различные методики полетной калибровки, в том числе и кросс-калибровка по данным совместных измерений с различных космических аппаратов. Имея данные со спутников, точность которых можно считать достаточно высокой и далее называемых эталонными, можно попытаться провести кросс-калибровку, то есть откалибровать "некачественные" данные по значениям эталона. Такими эталонными могут быть, например, данные прибора MODIS спутников Aqua и Terra, прибора АНТ спутника Himawari-8, прибора MSI спутника Sentinel-2 и другие.

Описание метода кросс-калибровки

В данной работе предлагается метод оценки измерительных характеристик (калибровочной кривой) прибора путем сравнения гистограмм изображений одних и тех же районов на поверхности Земли с различных аппаратов. Суть предлагаемого метода сводится к приведению гистограммы яркостей изображения, снятого одним прибором к гистограмме изображения того же точно объекта (территории), полученного другим прибором (эталонном). Таблица преобразования яркости одного изображения в яркость на другом изображении (look-up-table или LUT) строится путем сопоставления частичных интегралов площадей гистограмм изображений, приведенных к одинаковому пространственному разрешению. Если сравниваемые приборы хорошо откалиброваны, изображения нормализованы в одинаковый диапазон яркостей (для каждого прибора), то такие таблицы LUT будут одинаковые для всех исследуемых пар одновременных снимков. В частности, если калибровки данных линейные (что обычно принято для хранящихся в архивах данных), то и построенные LUT будут линейными функциями.

На базе возможностей центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» нами была разработана технология кросс-калибровки в автоматическом режиме произвольных спутниковых данных, имеющихся в архивах центра, по эталонным спутниковым данным. Метод основан на сравнении гистограмм серий одновременных пар спутниковых изображений (см. работу 1*). Созданная на основе этого метода технология кросс-калибровки включает следующие основные этапы обработки:

- с учетом модели движения космических аппаратов поиск в архиве всех пригодных для проведения обработки пар снимков (эталонный и калибруемый), имеющих близкие углы и время съемки одних и тех же участков земной поверхности;
- извлечение каждой пары из архива, выборка необходимых спектральных каналов и приведение данных к одному размеру и проекции, фильтрация данных со значительным количеством сбоев, не позволяющих построить LUT;
- создание предварительной LUT методом анализа гистограмм для каждой пары, формирование архива предварительных LUT;
- получение на момент времени каждого снимка финальной таблицы преобразования яркостей на основе анализа ряда полученных на предыдущем шаге предварительных LUT (в стадии разработки).

1* Анализ возможности автоматической кросс-калибровки данных российских спутников методом анализа гистограмм Кашицкий А.В., Луян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М. // "Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли - RORSE 2018". ИКИ РАН, 2019. С. 191-197. <http://conf.rse.geosms.ru/files/articles/2018/kashnitskiy-possibility.pdf>

Схема построения калибровочной таблицы преобразования значений путем сопоставления частичных интегралов площадей гистограмм

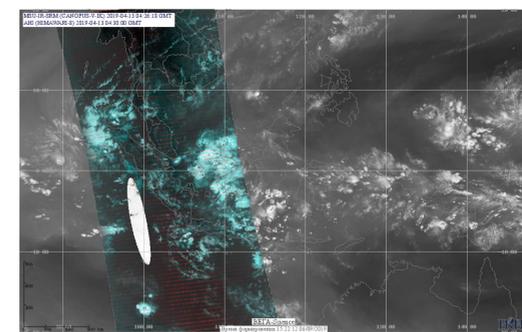
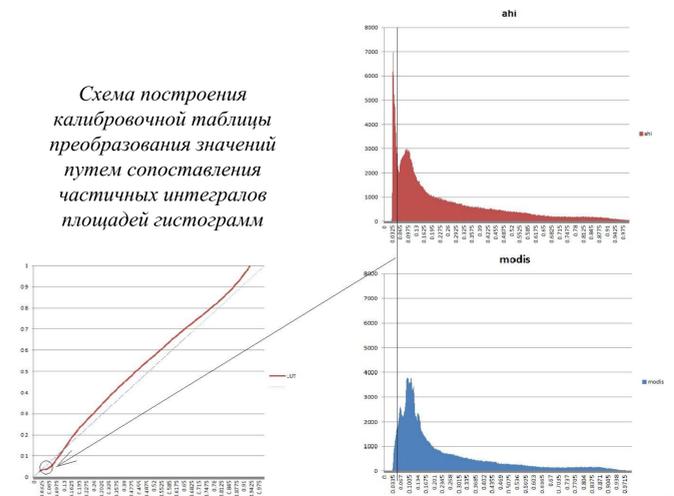
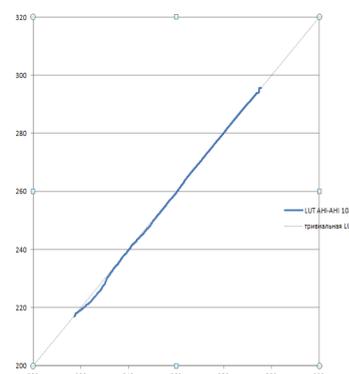
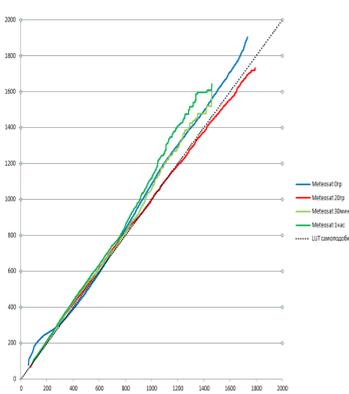


Схема квазисовременной съемки. Приведены данные «Канопус-В-ИК» на фоне данных Himawari-8, сверху - участвующий в кросс-калибровке участок данных

К вопросу оценки корректности метода

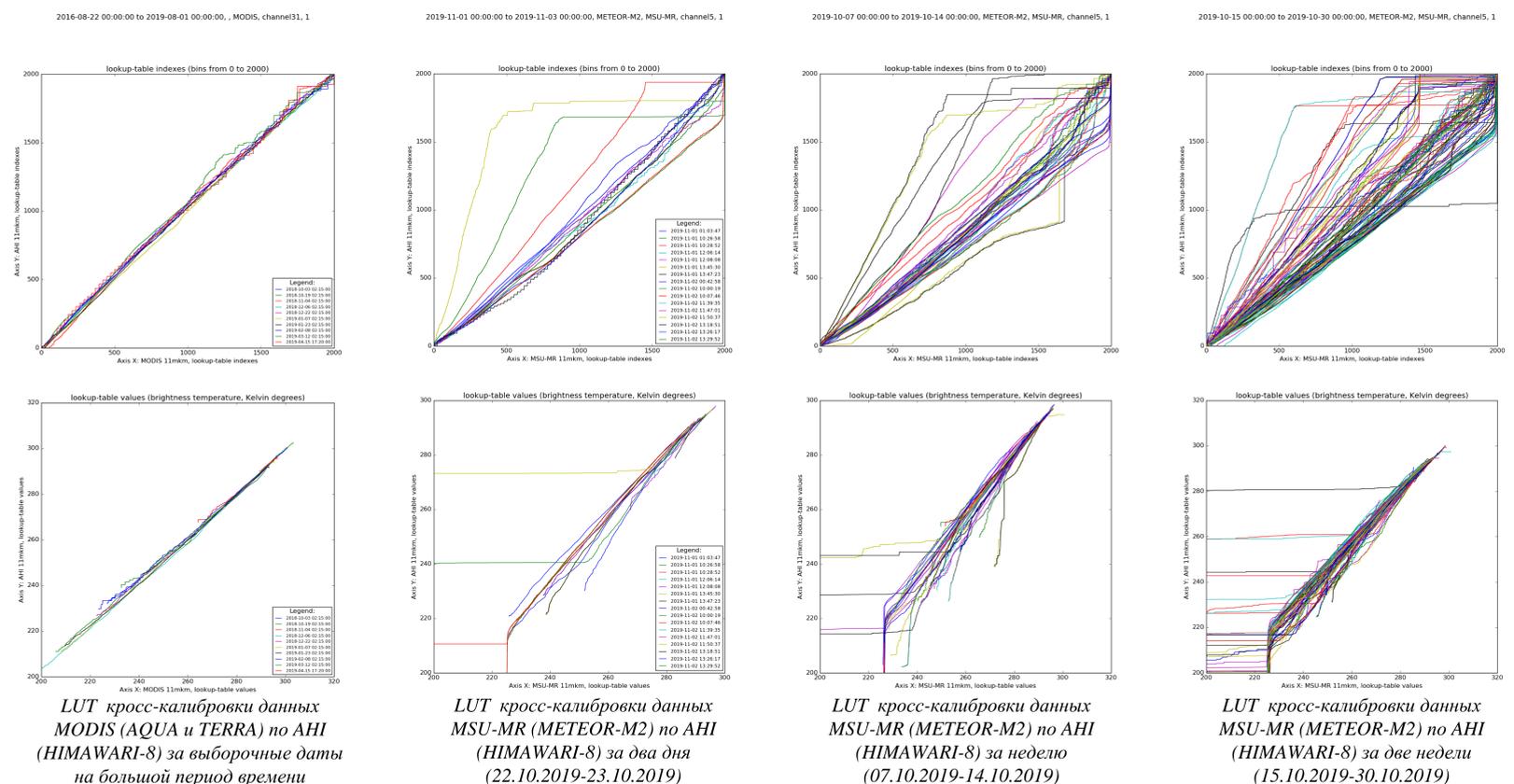


LUT самокалибровки прибора АНТ с интервалом съемки 10 мин



LUT самокалибровки прибора SEVIRI (Meteosat) с разными интервалами и углами съемки.

Обсуждение результатов, оценка возможности кросс-калибровки данных MSU-MR



В качестве выводов отметим следующее. Метод очень чувствителен к сбоям и различным артефактам в исходных данных, поэтому необходим дополнительный этап фильтрации и/или интерполяции полученных таблиц преобразований. В остальном на основе предложенной технологии можно как оценивать качество и применимость различных данных, так и при необходимости проводить достаточно простую и "дешевую" калибровку спутниковых данных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ проект № 17-05-41152 РГО_а с использованием ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (поддерживается Минобрнауки в рамках тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164).