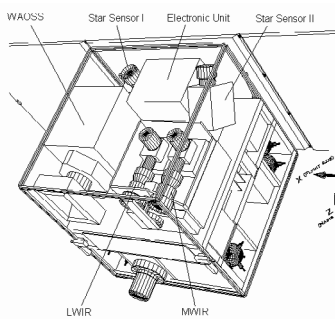


А.С.Василейский, Б.С.Жуков, Я.Л.Зиман, Д.Эртель, М.Конрадт
 Институт космических исследований РАН, Немецкий аэрокосмический центр (DLR)
 E-mail: asvas@wildcat.iki.rssi.ru, Boris.Zhukov@dlr.de

Геометрическая калибровка съемочной аппаратуры BIRD



Микроспутник BIRD (*Bi-spectral Infra-Red Detection*), разработанный в DLR, был запущен 22.10.01. Аппаратура КА BIRD позволяет проводить съемку земной поверхности в трех спектральных каналах - NIR, MIR и TIR. Совместная обработка видеоданных, получаемых в этих каналах, предусматривает совмещение изображений с субпиксельной точностью.

Исходные видеоданные с BIRD демонстрируют существенные взаимные межканальные геометрические искажения, вызываемые разными факторами: конструкцией съемочной аппаратуры, влиянием механических и температурных воздействий на съемочную аппаратуру и КА при запуске и при работе на орбите.

В результате предполетной геометрической калибровки съемочной аппаратуры BIRD оценены величины взаимных сдвигов соответствующих фотодетекторов каналов NIR и TIR относительно MIR. Полученные при этом зависимости являются существенно нелинейными. Результаты измерений позволяют проводить геометрическую коррекцию путем передискретизации изображений каналов NIR и TIR. Для компенсации дополнительных искажений, вызываемых внешними воздействиями на КА в полете, и уточнения данных наземной калибровки необходимо проводить периодическую калибровку съемочной аппаратуры.

Метод и алгоритм калибровки

Работы по прецизионной летной межканальной геометрической калибровке съемочной аппаратуры КА BIRD путем прецизионного совмещения изображений разных каналов проводились в рамках сотрудничества ИКИ РАН и DLR.

Разработан площадной алгоритм совмещения, обеспечивающий субпиксельную точность и основанный на применении опорных точек (ОТ). Алгоритм включает следующие основные этапы:

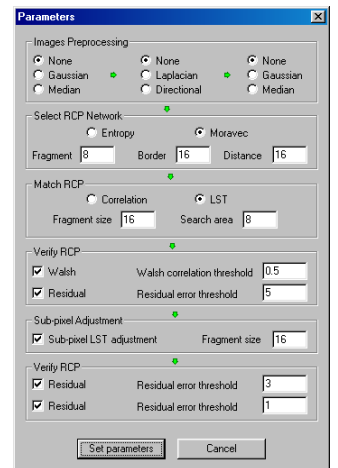
- Выбор однородной сети ОТ;
- Идентификация отобранных ОТ;
- Верификация полученного набора ОТ;
- Субпиксельное уточнение ОТ;
- Повторная верификация ОТ;
- Оценка функции преобразования;
- Расчет межканальных смещений.

По результатам наземной геометрической калибровки была выбрана следующая форма функции преобразования:

$$x_b = a_{10} + a_{11} \cdot x_r + a_{12} \cdot x_r^2 + a_{13} \cdot x_r^3$$

$$y_b = a_{20} + a_{21} \cdot x_r + a_{22} \cdot x_r^2 + a_{23} \cdot x_r^3 + 1 \cdot y_r$$

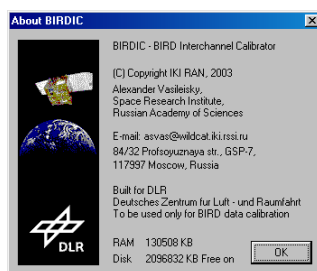
где x_r, y_r, x_b, y_b - координаты соответствующих пикселей на совмещаемом и базовом канальных изображениях.



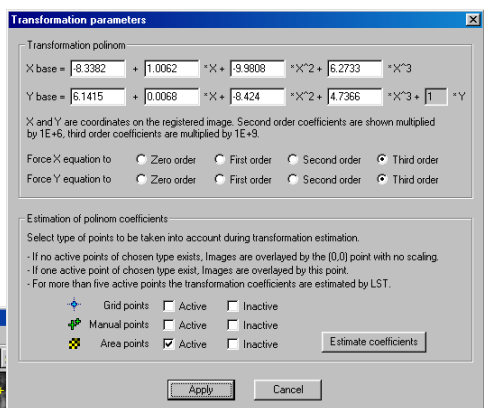
Диалоговое окно программы BIRDIC, позволяющее задавать последовательность операций и параметры алгоритма для автоматической процедуры совмещения канальных изображений.

Программное обеспечение

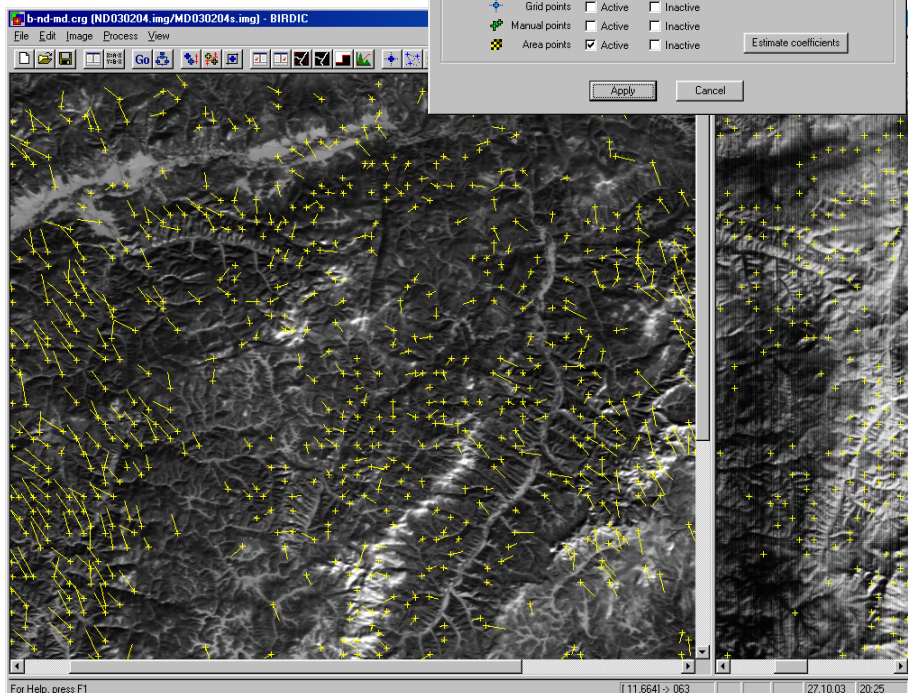
Специализированная программа BIRDIC (*BIRD Inter-channel Calibrator*), разработанная в ИКИ РАН, реализует метод межканальной геометрической калибровки путем совмещения изображений разных каналов и позволяет автоматически обрабатывать данные с BIRD и получать скорректированные видеоданные.



Диалоговое окно программы BIRDIC, позволяющее оценивать параметры функции преобразования по набору идентифицированных ОТ.

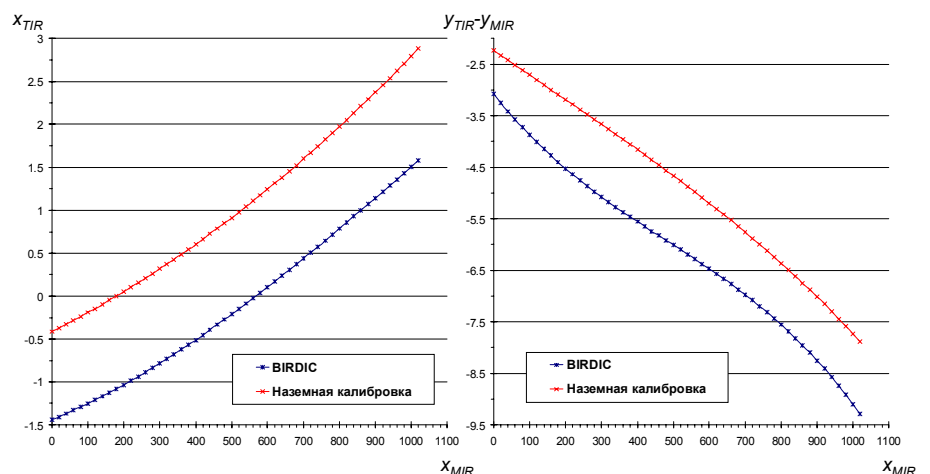


Основное рабочее окно программы BIRDIC. Желтые векторы отображают смещения, обнаруженные в отдельных идентифицированных ОТ (ув. в 50 раз).



Результаты эксперимента

Для подтверждения эффективности разработанного метода и ПО BIRDIC проведен эксперимент по совмещению каналов MIR и TIR реального изображения, полученного с КА BIRD. В результате автоматической обработки получен набор из 4586 ОТ. Средняя величина остаточной ошибки ОТ составила 0.306 пикселя.



Полученные программой BIRDIC величины взаимных сдвигов соответствующих фотодетекторов каналов TIR и MIR. Для сравнения показаны величины, полученные при наземной геометрической калибровке. Взаимный сдвиг кривых - методическая ошибка, привнесенная при подготовке видеоданных.

RGB-синтезированное изображение (R - NIR, G - MIR, B - TIR), полученное с КА BIRD 04.02.2003, до и после проведения геометрической коррекции.

