



Андреев А.И., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Амельченко Ю.А.

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ИЗОБРАЖЕНИЙ МТВЗА-ГЯ КА МЕТЕОР-М №2-2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРБИТАЛЬНЫХ ТЕЛЕГРАММ TLE

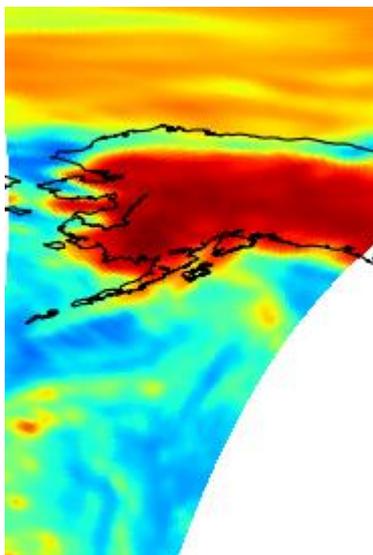
Докладчик: Андреев Александр Иванович

Двадцатая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»

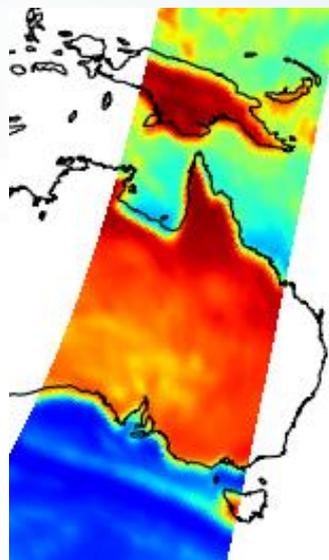
Введение

Одним из первоочередных этапов обработки данных ДЗЗ является географическая привязка, от точности выполнения которой существенно зависит возможность использования этих данных в дальнейшей работе.

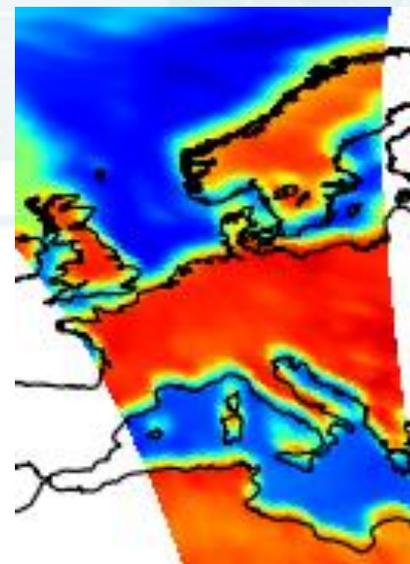
Одним из основных способов привязки изображений является использование информации о положении прибора на орбите и его ориентации, получаемой по данным навигационных приборов. Однако в некоторых ситуациях эта информация может быть недоступной, что ведет к потере полезных данных либо к ограничениям при их использовании.



14-06-2021 01:09 UTC



16-05-2020 16:33 UTC



09-06-2020 13:22 UTC

Географическая привязка по данным TLE

Для прогноза положения спутника используется модель Simplified General Perturbation 4 (SGP4), учитывающая основные возмущающие силы, действующие на космический аппарат: четыре зональные гармоники гравитационного поля Земли, сопротивление атмосферы и давление солнечного излучения .

В качестве начальных условий для прогноза используются орбитальные телеграммы NORAD TLE.

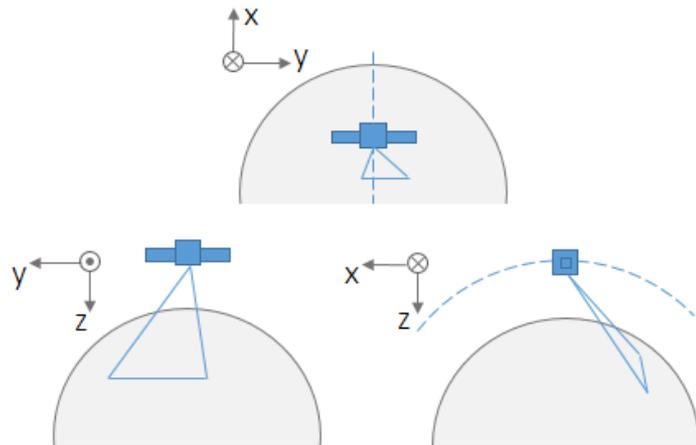
Модель Земли – эллипсоид WGS84.

Этап 1: Прогноз положения КА в геоцентрической системе координат с использованием интерполятора SGP4;

Этап 2: Моделирование геометрических параметров камеры, ее ориентация;

Этап 3: Поиск пересечения луча, исходящего из центра КА через каждый пиксел строки сканирующей матрицы, с поверхностью эллипсоида;

Этап 4: Переход к географическим координатам.



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{z - z_0}{z_1 - z_0} \\ \frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \end{array} \right.$$

Детали реализации

Алгоритм реализован с использованием библиотек с открытым исходным кодом Orekit и Rugged на языке программирования Java.

Библиотека Orekit предоставляет инструменты для орбитальных расчетов.

<https://www.orekit.org/>

Библиотека Rugged используется для моделирования камеры спутникового прибора по отношению к эллипсоиду Земли.

<https://www.orekit.org/rugged>

Телеграммы TLE www.space-track.org

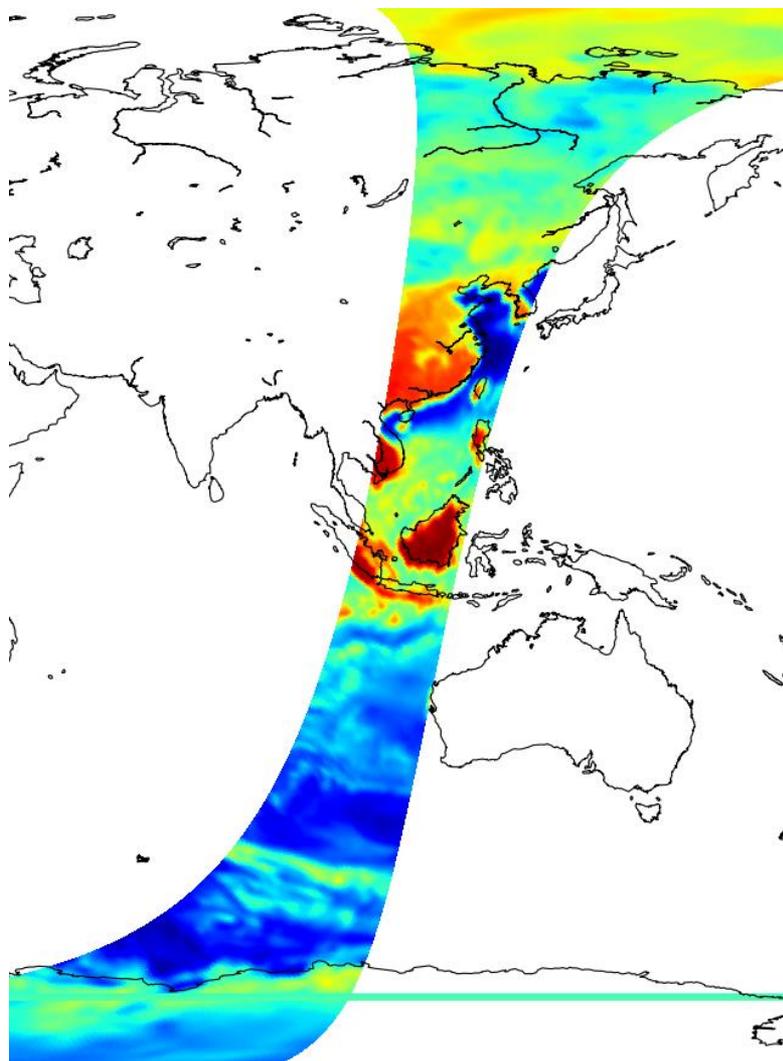
- Ширина изображений 123 пиксела
- Пространственное разрешение 32 км (тестировалось для 1 км МСУ-МР)
- Крен 0° , тангаж 1.5° , рыскание -3.0°
- Угол визирования -55.6°
- Угол поле зрения прибора от -31° до 56°

Осуществляется поиск и коррекция ошибок бортового времени.

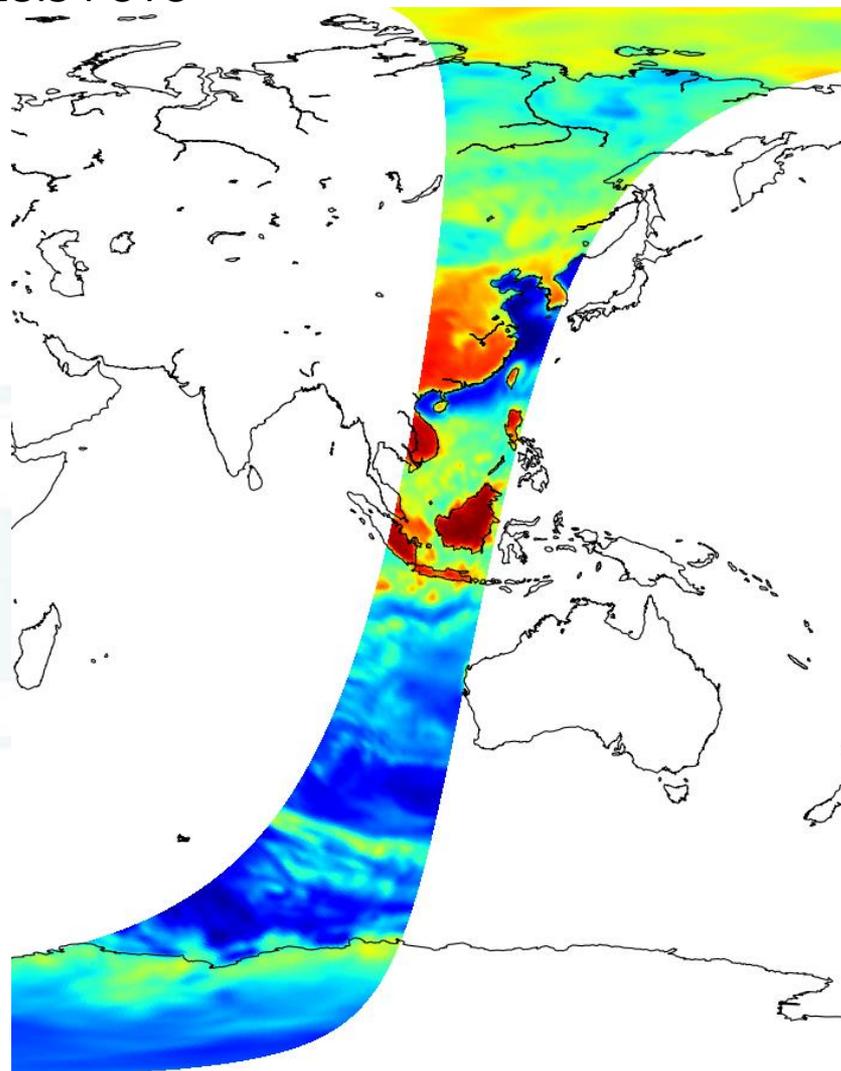
Привязка выполняется в полностью автоматическом режиме, время расчета для одного изображения не более 10 сек. с учетом поиска TLE и файловых операций.

Результаты

1-01-2021 18:54 UTC



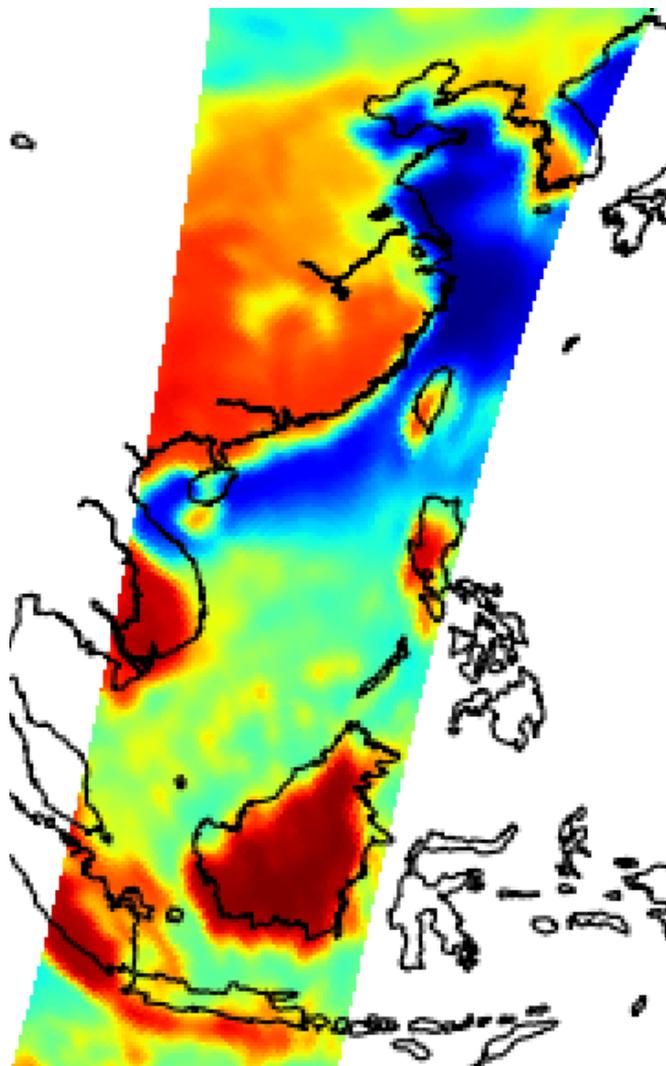
Исходная привязка



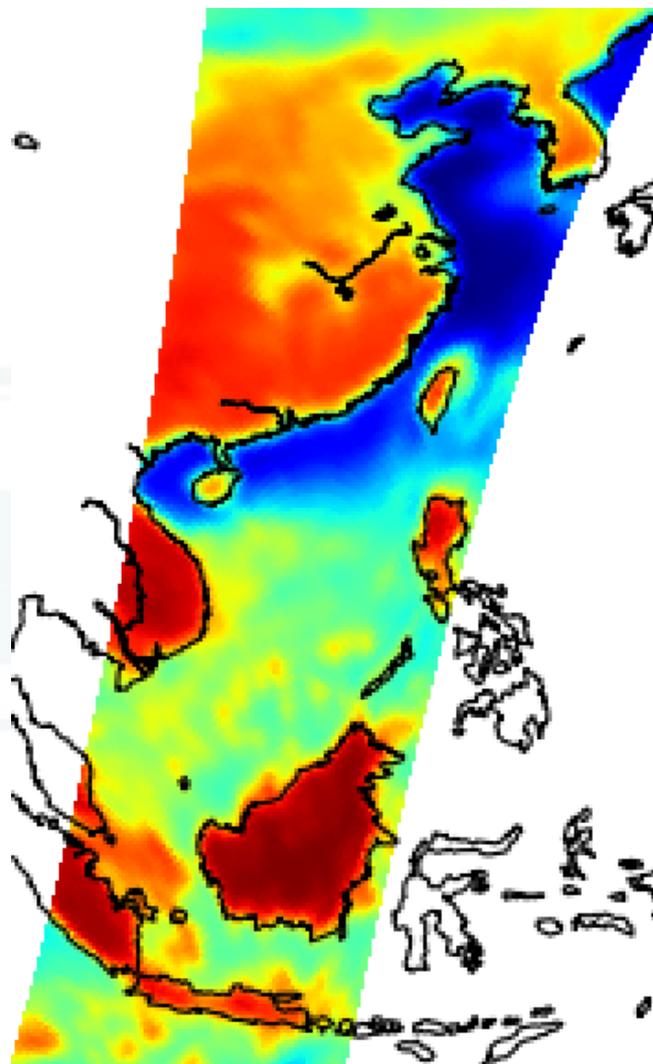
Привязка с использованием
представленного алгоритма

Результаты

1-01-2021 18:54 UTC



Исходная привязка

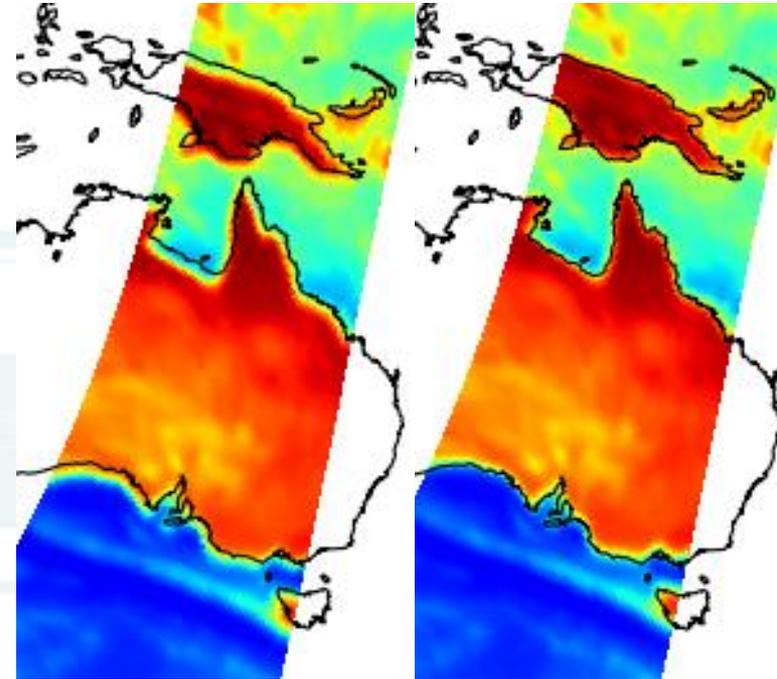
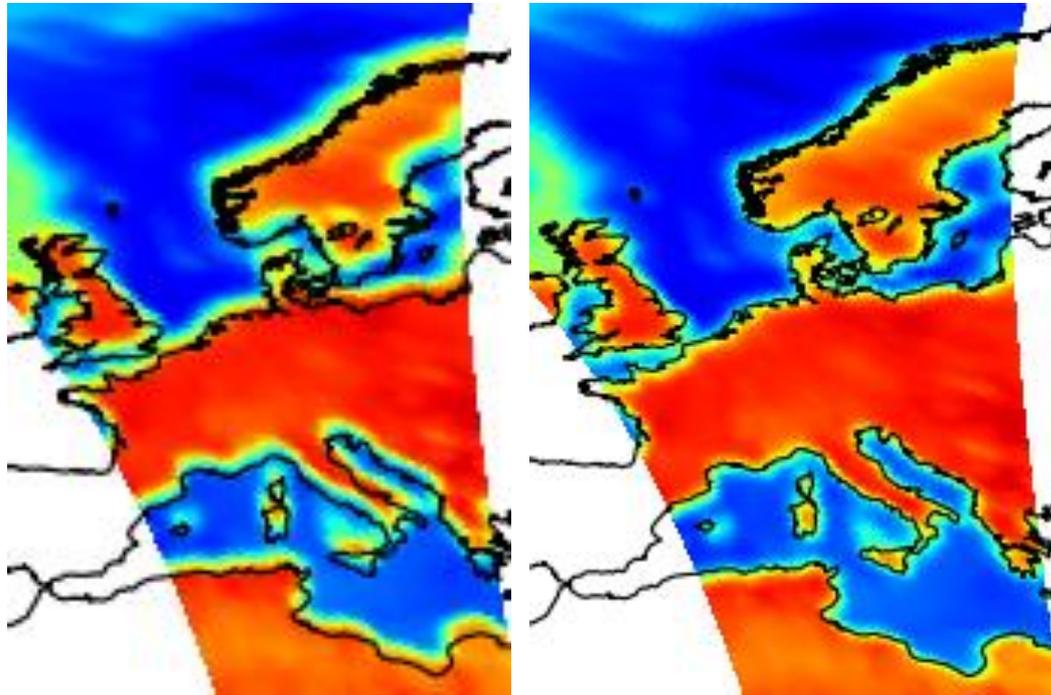


Привязка с использованием
представленного алгоритма

Результаты

09-06-2020 13:22 UTC

16-05-2020 16:33 UTC



Заключение

- Реализовано ПО для расчета географической привязки изображений МТВЗА-ГЯ КА Метеор-М №2-2 в полностью автоматическом режиме;
- Уточнены геометрические параметры съемки (углы ориентации и визирования);
- Погрешность не более 1 пиксела на всем протяжении витка;
- Валидация на более чем 300 случайным образом отобранных изображений на протяжении 2021 г. не выявила ошибок привязки;
- Актуальность телеграмм TLE до 3 месяцев при пространственном разрешении 32 км;
- Алгоритм универсален, работает в любых условиях, пригоден в том числе для прибора МСУ-МР.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»
Россия, г. Хабаровск, ул. Ленина, д. 18
тел.: 8-(4212) 21-43-11
факс: 8-(4212) 21-40-07
e-mail: a.andreev@dvrpod.ru
<https://www.dvrpod.ru>