

Развитие предварительной обработки данных спутниковых наблюдений приборов VIIRS и MODIS для задач мониторинга растительного покрова

Миклашевич Т.С.(1,2), Барталев С.А.(1,2), Егоров В.А.(1,2)

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

Данные дистанционного зондирования Земли позволяют осуществлять глобальный мониторинг состояния растительного покрова. В ИКИ РАН разработан алгоритм предварительной обработки данных ДЗЗ, реализованный для изображений, полученных приборами Terra/Aqua-MODIS и NPP-VIIRS.

Предварительная обработка данных:

- Формирование маскирующих изображений облачного и снежного покрова
- Построение теней от облаков
- Фильтрация наблюдений, полученных при некорректных углах съемки
- Создание композитных изображений
- Заполнение пропусков, полученных в результате фильтрации шумов и мешающих факторов
- Фильтрация остатков облачности, шумов, выбросных значений
- Сглаживание временных рядов



Создание масок облачного покрова

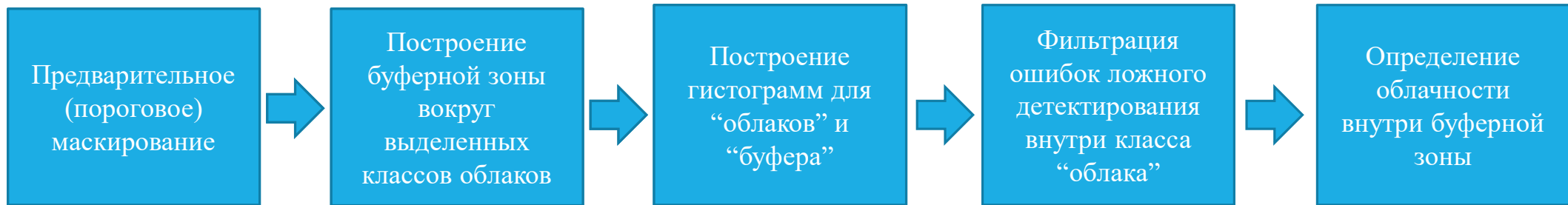
Используемые данные:

Канал	Длина волны, мкм	Название
b01	0,620 – 0,670	RED
b02	0,841 – 0,876	NIR
b03	0,459 – 0,479	BLUE
b06	1,628 – 1,652	SWIR

$$NDSI(R) = \frac{B01 - B06}{B01 + B06}$$

$$NDSI(B) = \frac{B03 - B06}{B03 + B06}$$

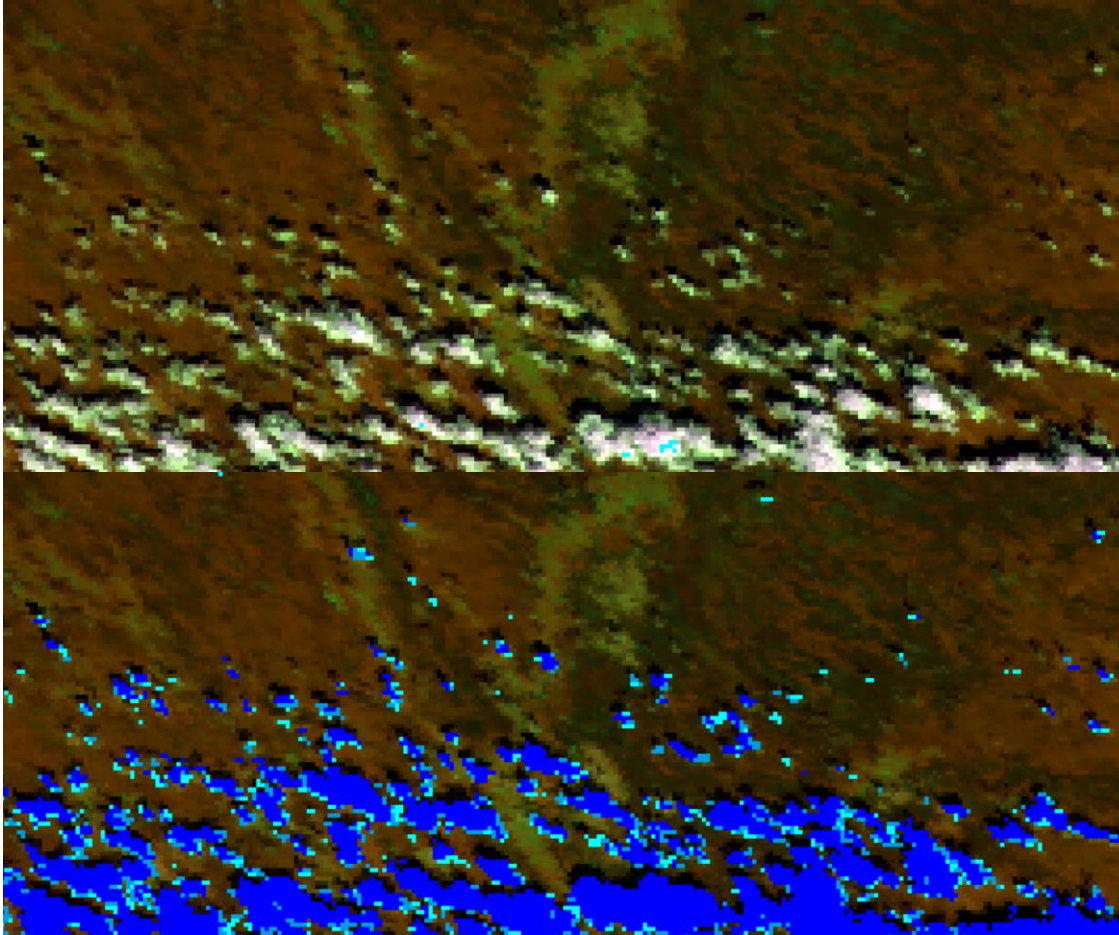
Этапы построения масок облачного покрова:






Предварительное маскирование облаков

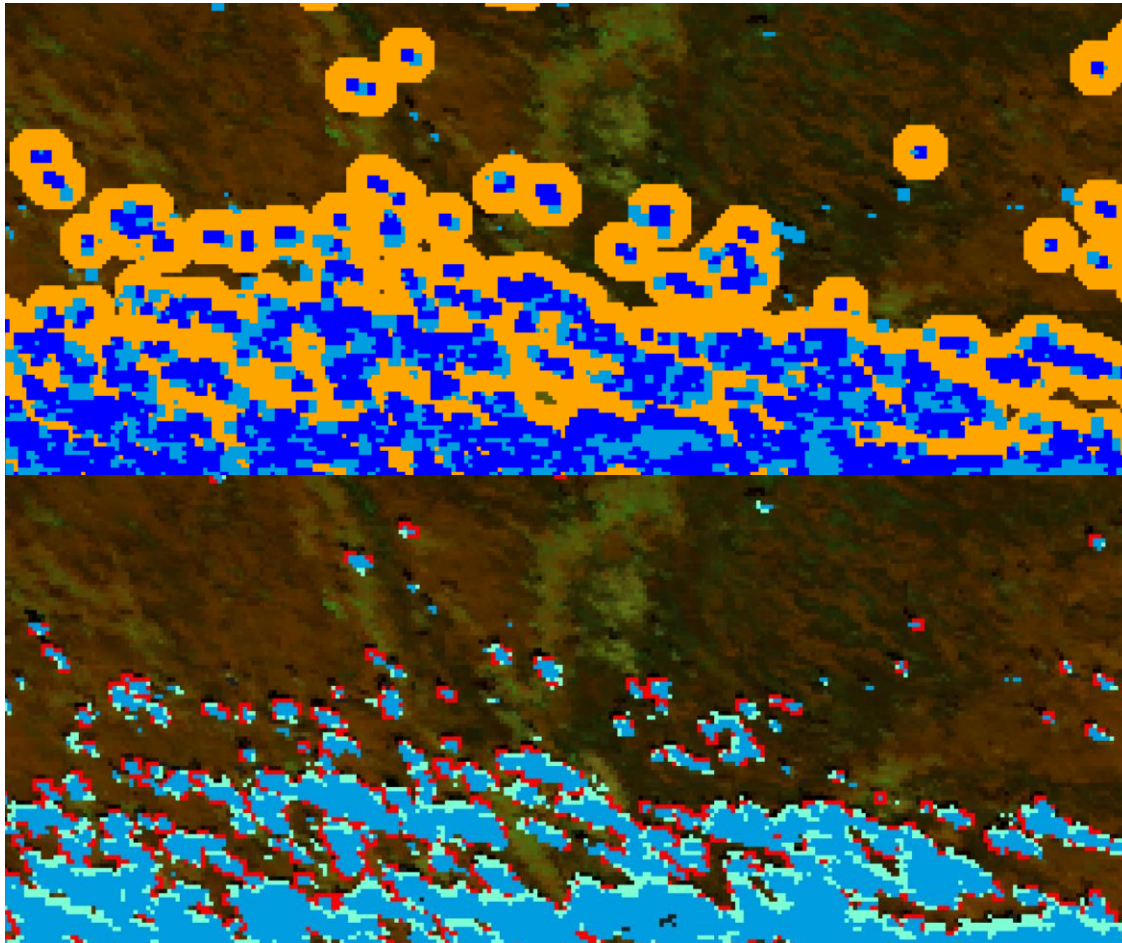
Тип	Характеристика	Набор пороговых значений
BAD	Темные объекты: водная поверхность, тени, ошибки	$B01 < 0, B02 < 0$ $B03 < 0, B06 < 0$
SNOW	Снег, сильная облачность	$B01 > 700, NDSI(R) > 0,1$ $B03 > 700, NDSI(B) > 0,1$
CLD	Высокая облачность	$B01 > 700, NDSI(R) > -0,2$ $B03 > 700, NDSI(B) > -0,2$ Оконтуривание: 3x3 точки
SLD	Средняя облачность	$B01 > 700, NDSI(R) > -0,35$ $B03 > 700, NDSI(B) > -0,35$ Оконтуривание: 3x3 точки
MLD	Дымка	$B01 > 700, NDSI(R) > -0,45$ $B03 > 700, NDSI(B) > -0,45$






Предварительное маскирование облаков



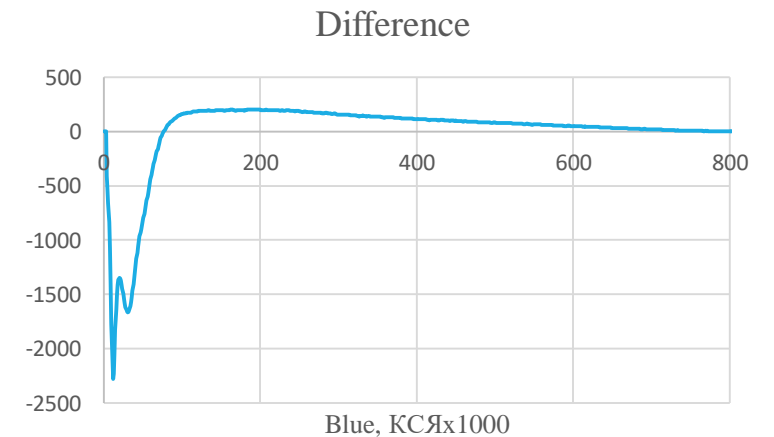
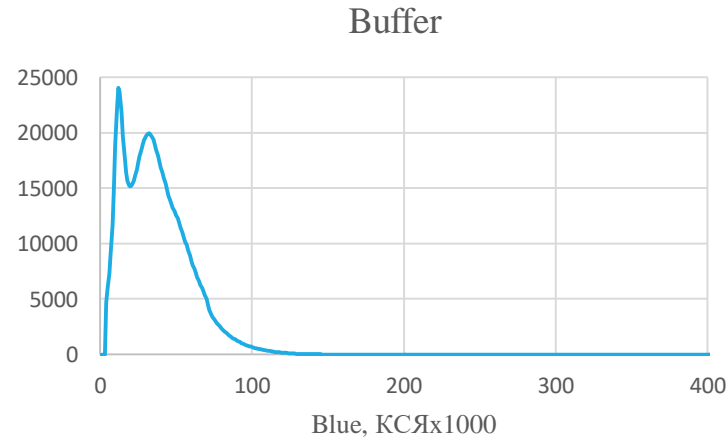
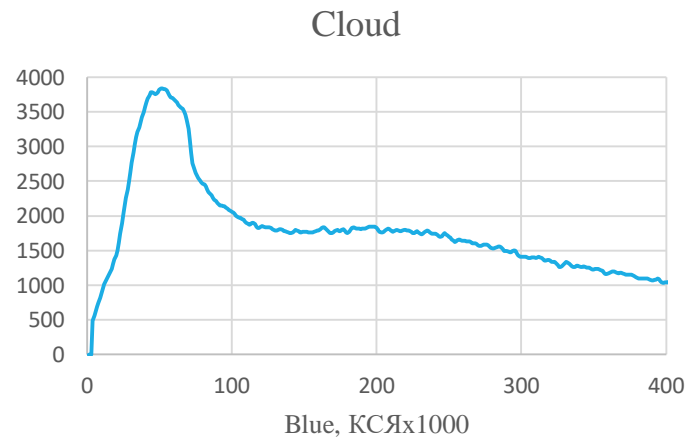
-  – плотный облачный покров
-  – средний облачный покров
-  – дымка, края облаков

Гистограммная фильтрация



-  – плотный облачный покров
-  – средний облачный покров
-  – дымка, края облаков
-  – буферная зона
-  – гистограммная коррекция

Пространственная гистограммная коррекция



Построение теней от облаков

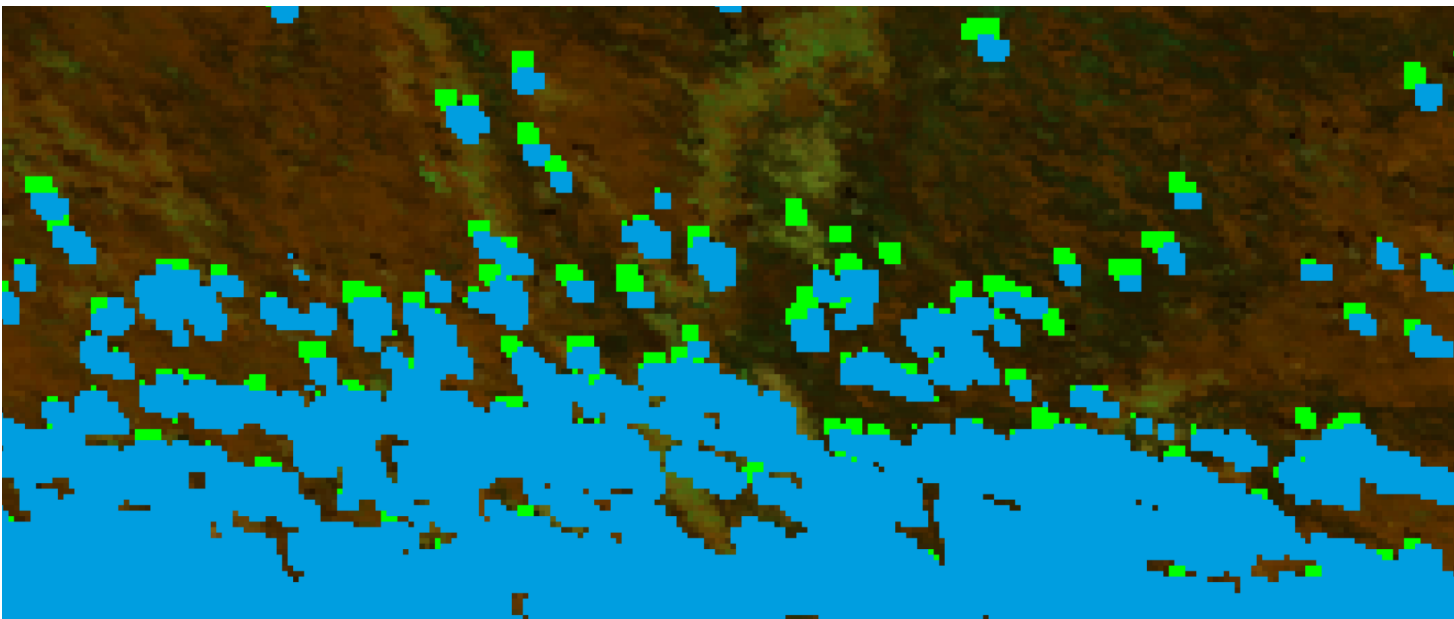
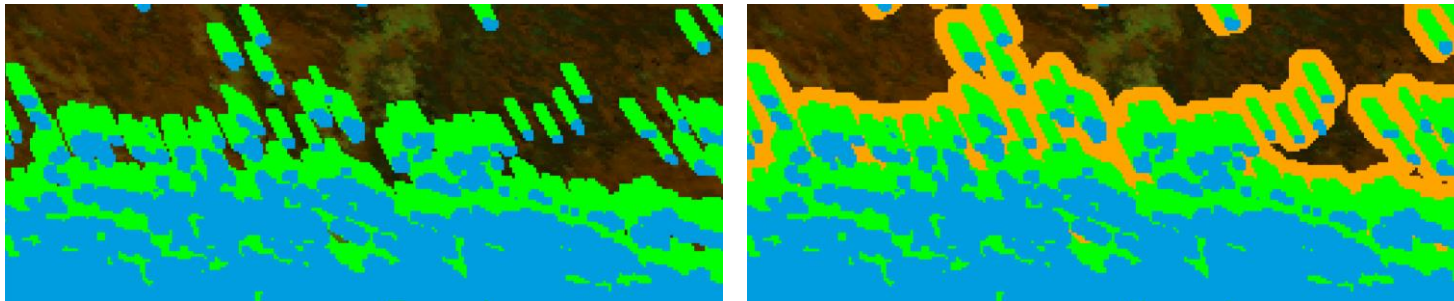
Используемые данные:




- Маска облачного покрова
- Коэффициент спектральной яркости (КСЯ) в NIR и SWIR каналах
- Геометрия наблюдения: азимутальные и зенитные углы солнца и прибора

Этапы построения теней:

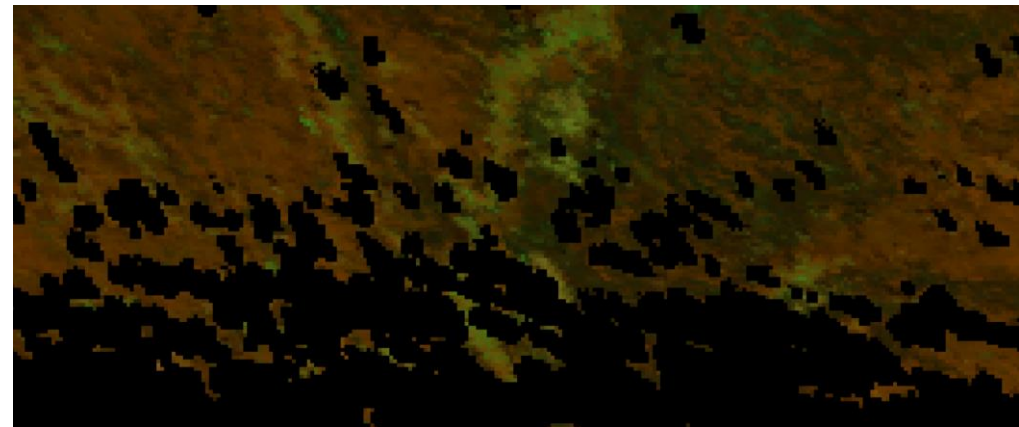
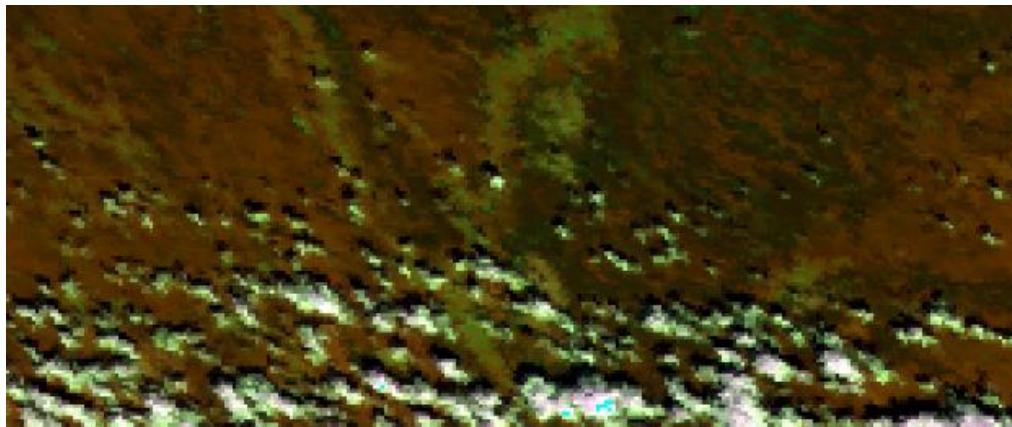
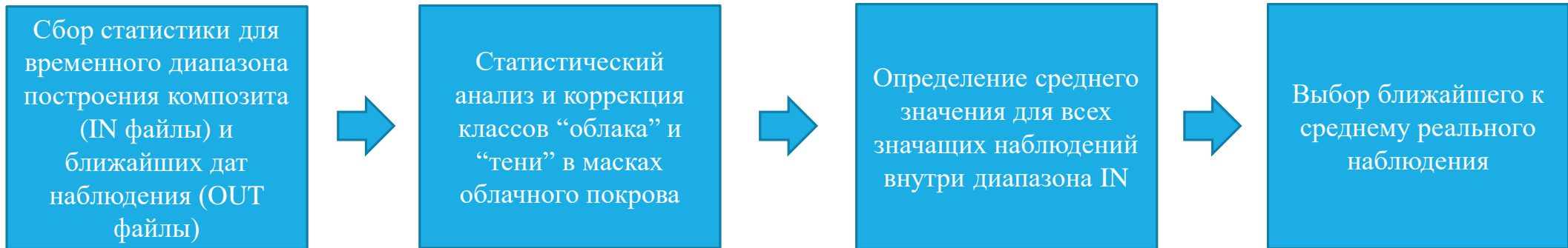


Построение теней от облаков

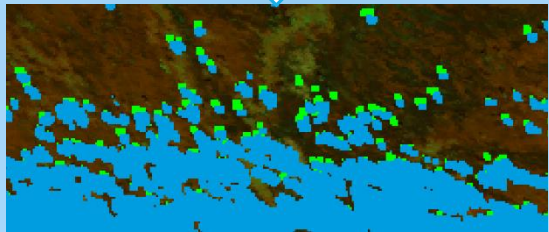
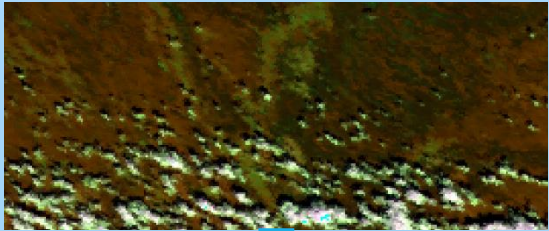


-  – облачный покров
-  – тени от облаков
-  – буферная зона

Построение композитных изображений

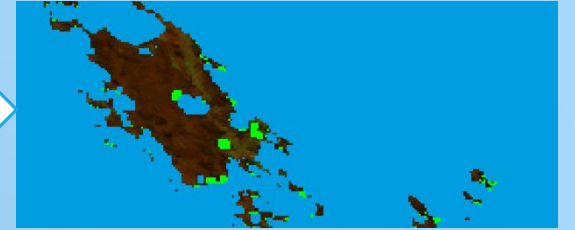
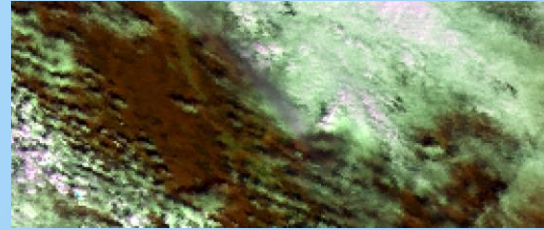


IN Day 200

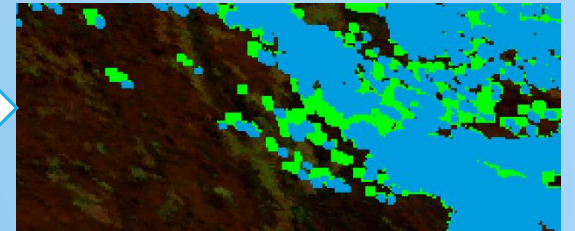
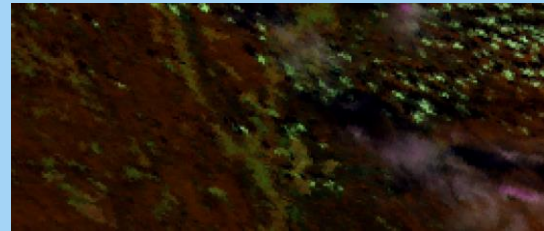


OUT

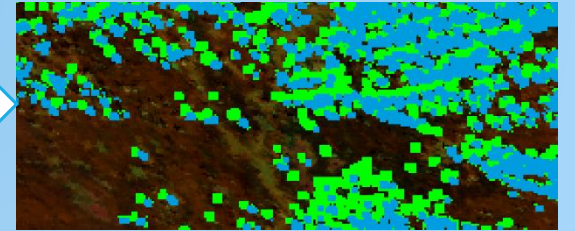
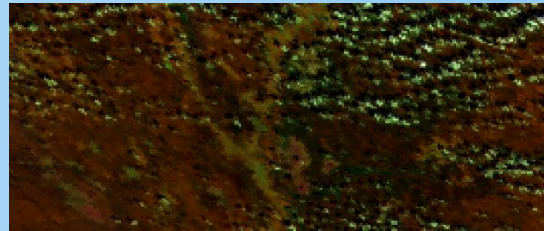
Day 194



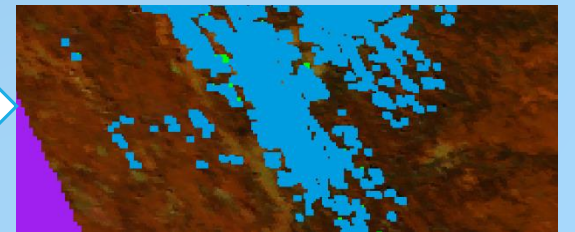
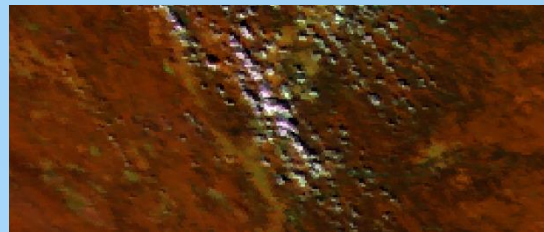
Day 195



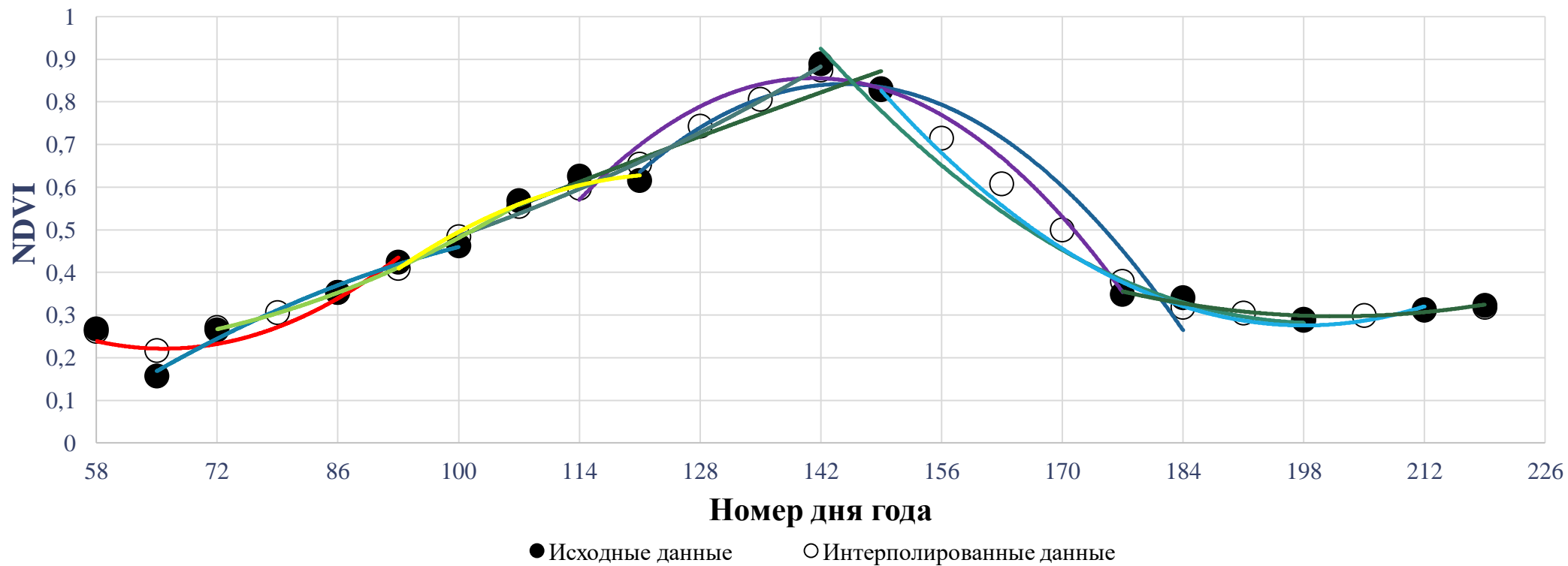
Day 205



Day 207



Историческая интерполяция



Историческая интерполяция

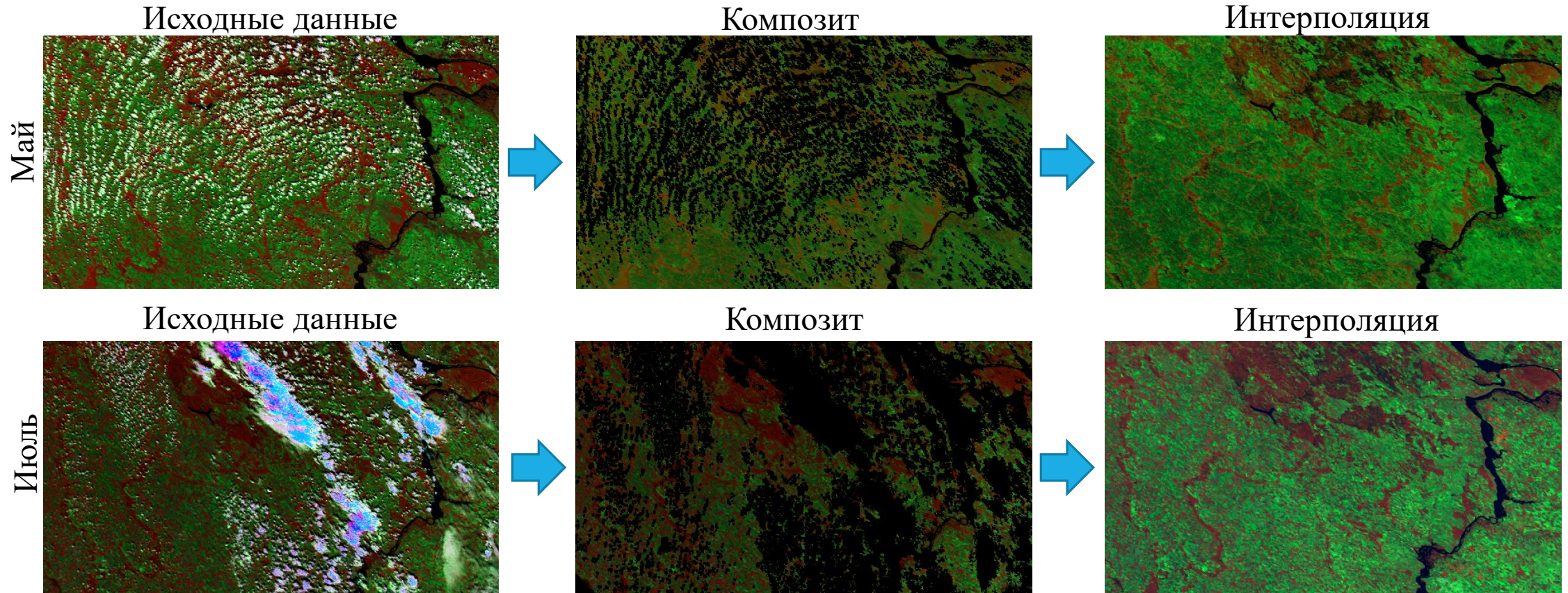
$$\text{Mas} = \begin{array}{cccccccccccc|c}
 a_1^{11} & a_2^{21} & b_3^1 & a_4^{31} & a_5^{41} & a_6^{51} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \text{Шаг окна интерполяции} \\
 0 & a_2^{12} & b_3^2 & a_4^{22} & a_5^{32} & a_6^{42} & a_7^{52} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \downarrow \\
 0 & 0 & 0 & a_4^{13} & a_5^{23} & a_6^{33} & a_7^{43} & b_8^3 & a_9^{53} & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & a_5^{14} & a_6^{24} & a_7^{34} & b_8^4 & a_9^{44} & a_{10}^{54} & 0 & 0 & 0 & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_6^{15} & a_7^{25} & b_8^5 & a_9^{35} & a_{10}^{45} & a_{11}^{55} & 0 & 0 & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_7^{16} & b_8^6 & a_9^{26} & a_{10}^{36} & a_{11}^{46} & a_{12}^{56} & 0 & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 \end{array}$$



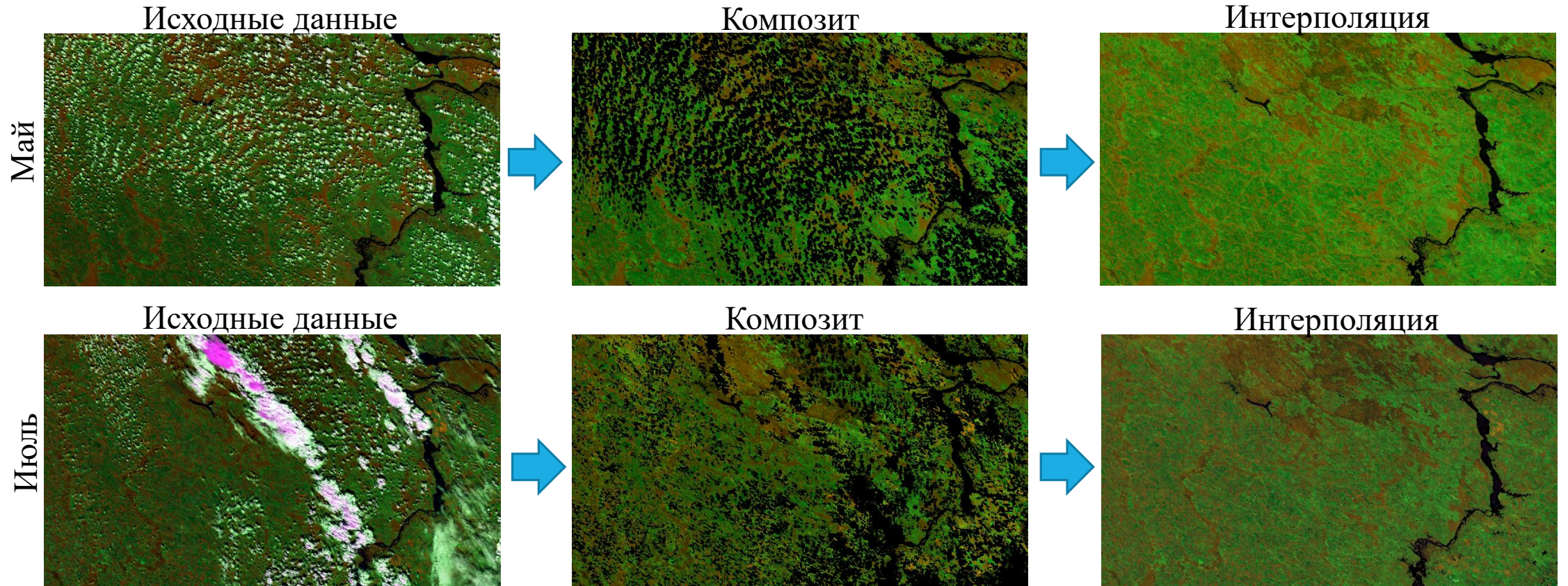
 Номер композита во временном ряду

a_T^{ij} - интерполяция в значащих точках, b_T^j - в пропусках, T - порядковый номер наблюдения во временном ряду, i - положение значащей точки в окне интерполяции, j - шаг окна интерполяции

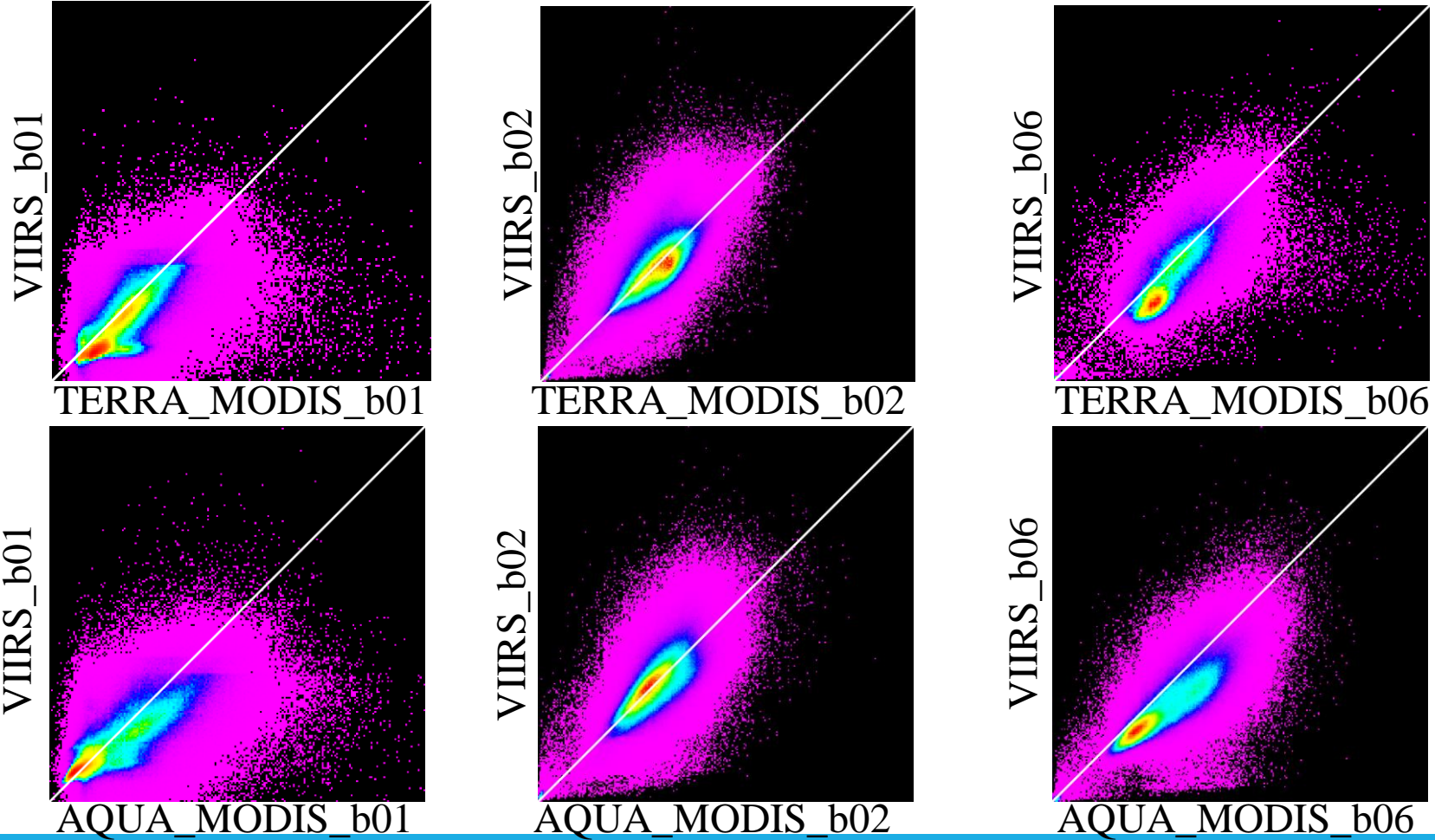
Примеры обработки для MODIS



Примеры обработки для VIIRS



Сравнение данных MODIS и VIIRS



Заключение и выводы

- Интеграция в предварительную обработку пространственного гистограммного анализа теней и облаков позволяет адаптивно корректировать пороговые значения для выделения классов теней и облаков на этапе формирования маскирующих изображений для MODIS и VIIRS
- Предварительная обработка данных спутниковых наблюдений, приведенная в этой работе, позволяет получать изображения, очищенные от влияния шумов, облачного и снежного покрова, теней, а также влияния их краевых эффектов, и других мешающих факторов
- Все этапы предварительной обработки, с учетом особенностей прибора, адаптированы под данные VIIRS
- Результаты предварительной обработки TERRA-MODIS, AQUA-MODIS и NPP-VIIRS позволяют использовать данные в ряде задач мониторинга растительного покрова

Спасибо за внимание!
