



РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Технология создания бесшовного сплошного покрытия федерального уровня по данным группировки КА «Канопус-В»

А.И. Васильев, А.В. Крылов, А.А. Михеев,
И.Д. Мурашова, А.А. Пестряков, С.В. Ромайкин

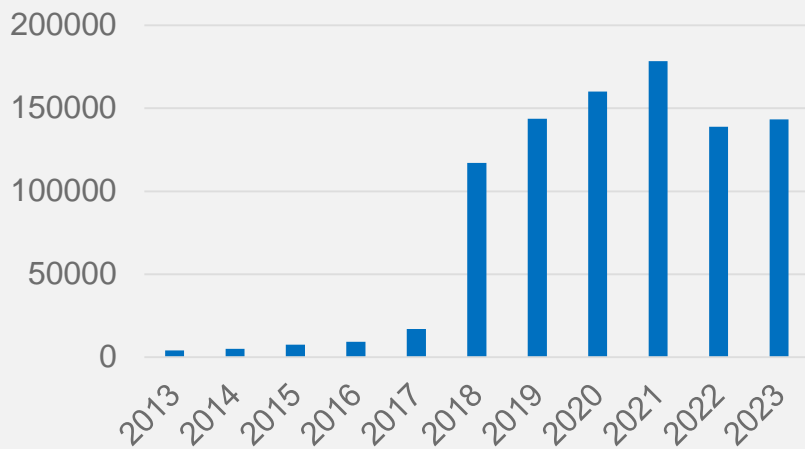
XXI Международная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
(13-17 ноября 2023 г., г. Москва)



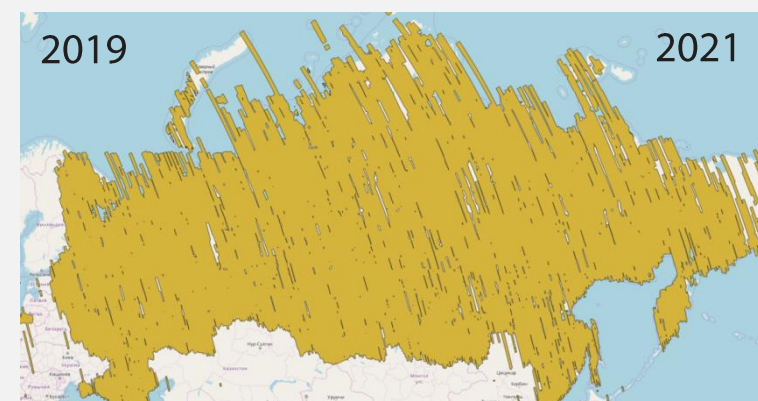
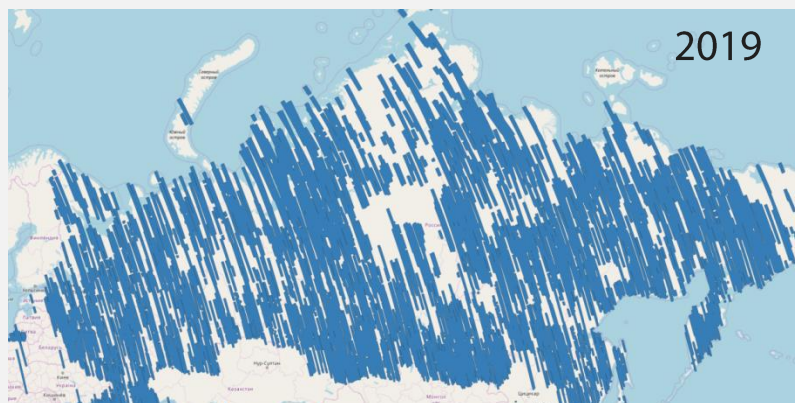
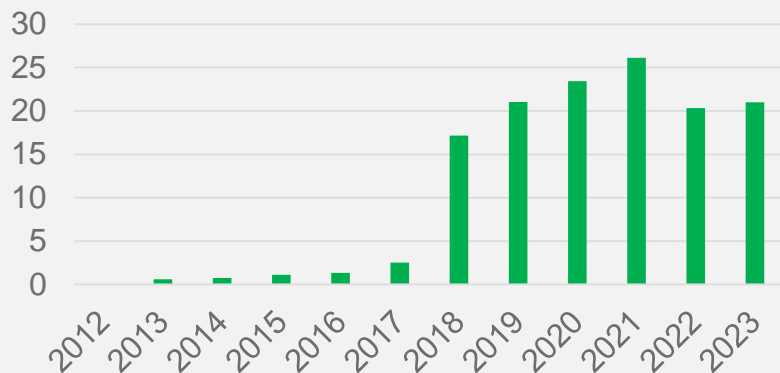
Архив «Банка базовых продуктов» для данных КК «Канопус-В»

Покрытие территории РФ за период 2019-2021

Количество сцен



Объем данных, ТБ

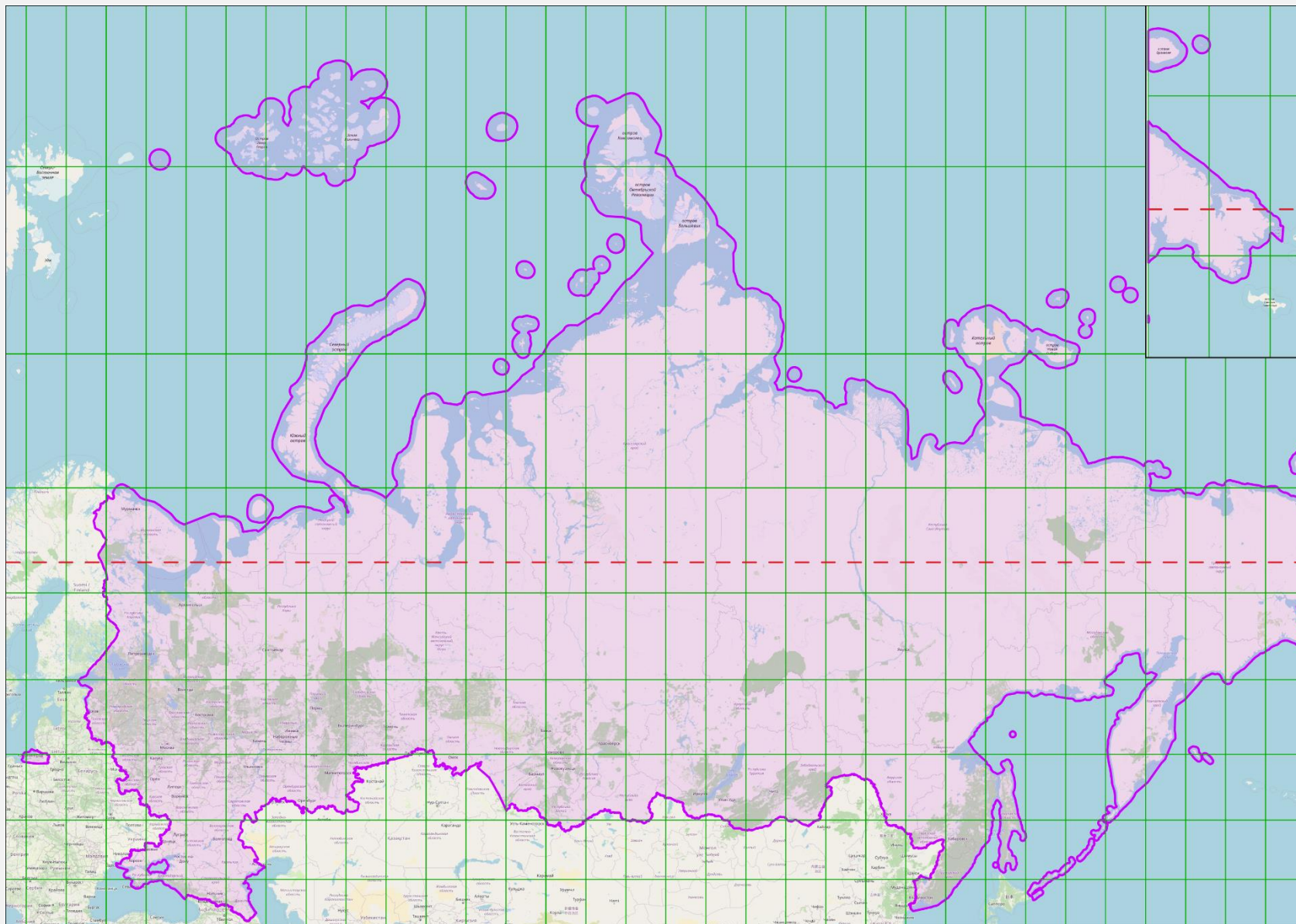


Всего - более 135 ТБ

Марков А.Н., Васильев А.И., Крылов А.В., Евлашкин М.А., Алексеевский А.С., Михеев А.А. Особенности формирования архива базовых продуктов ДЗЗ по данным группировки КА «Канопус-В» // Доклад на XIX Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 15-19 ноября 2021г. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=197&thesis=8749>

Фрагментация территории РФ

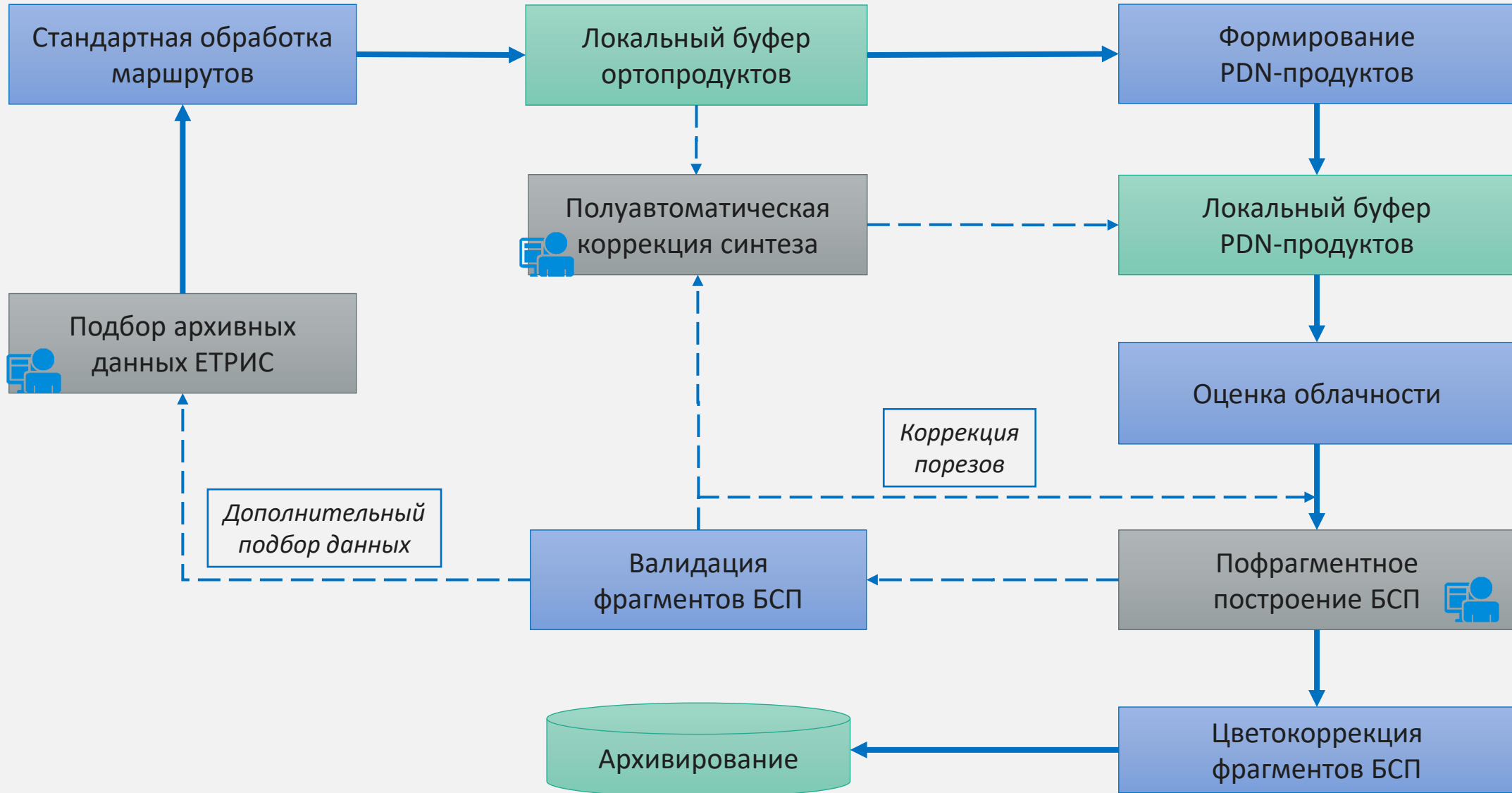
Территория Российской Федерации была поделена на равные фрагменты $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ в СК Lat/Lon (EPSG: 4326)



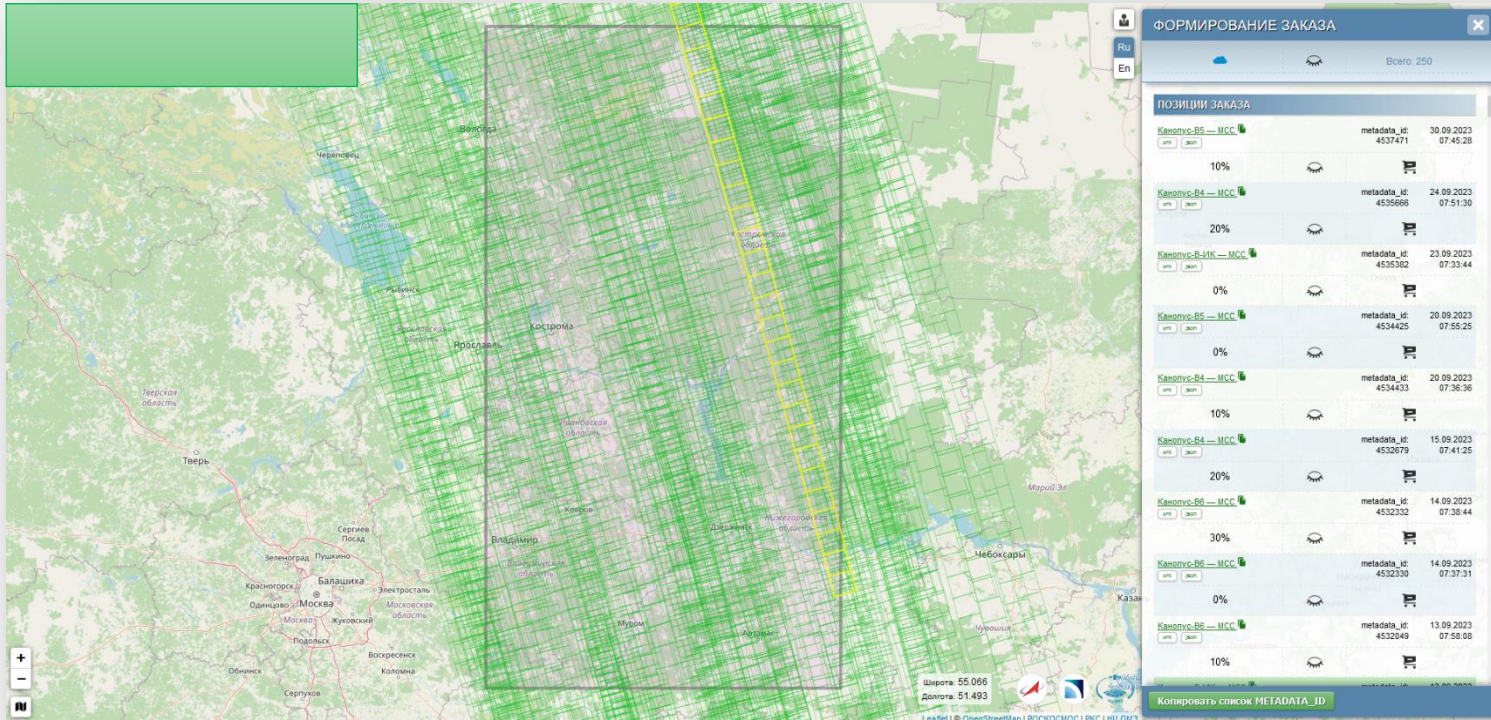
Объем данных

Площадь РФ	~ 17,3 млн км ²
Количество фрагментов (общее)	216
Количество фрагментов до полярного круга	110
1 сцена pansharpening (PDN)	~ 0,8 ГБ
1 фрагмент	< 7000 PDN
Расчетный объем на территорию РФ до полярного круга	более 430 ТБ

Технология формирования БСП по данным КК «Канопус-В»



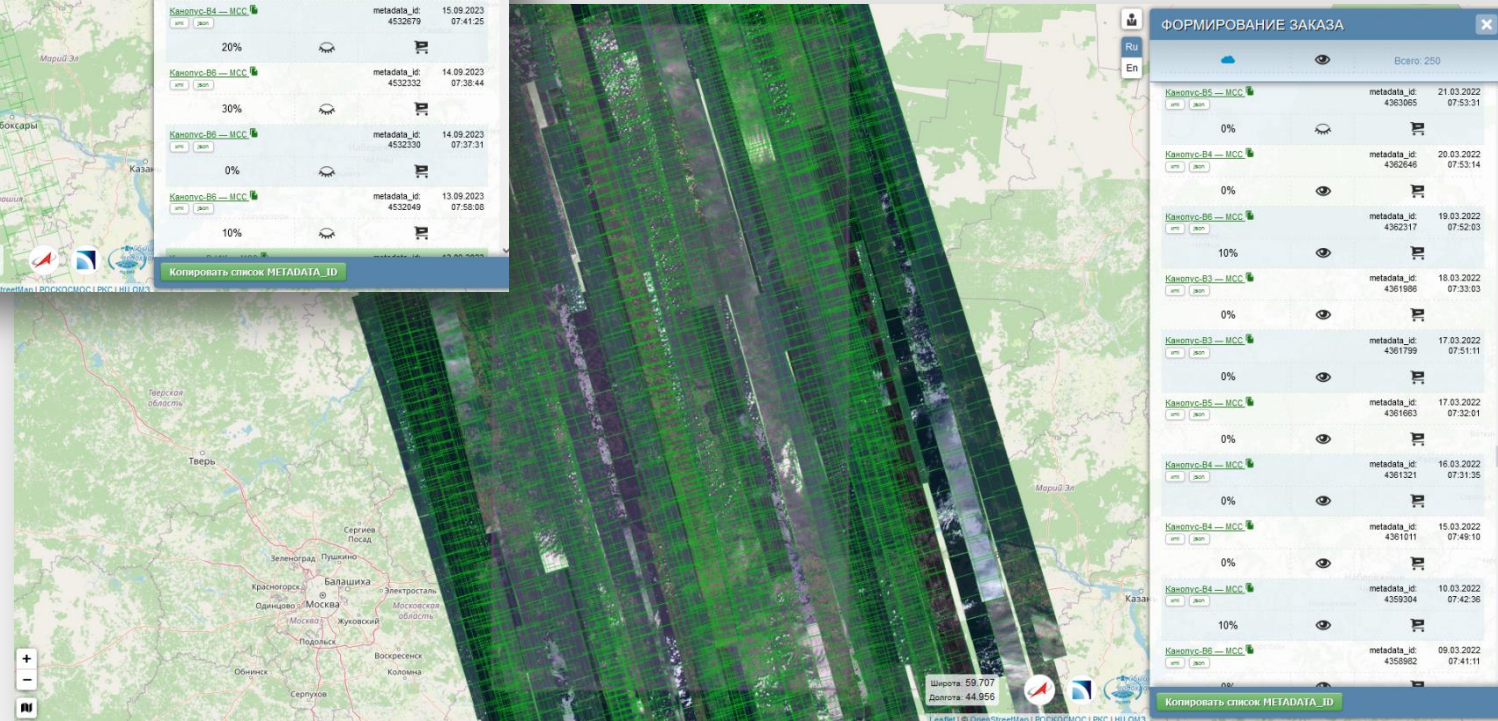
Отбор маршрутов архива ЕТРИС



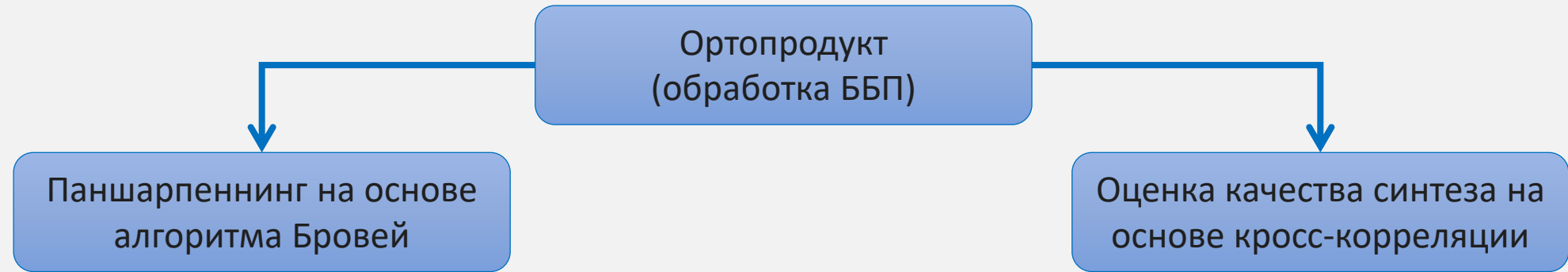
Специальный веб-интерфейс для отбора данных каталога ЕТРИС

Основные ограничения Геопортала Роскосмоса:

1. Отображение только 50 маршрутов на одну страницу
2. Отсутствует возможность отбора данных по разным диапазонам дат одновременно



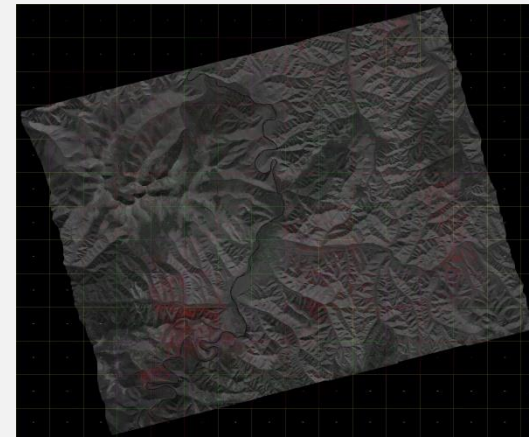
Технологические особенности формирования PDN-продуктов



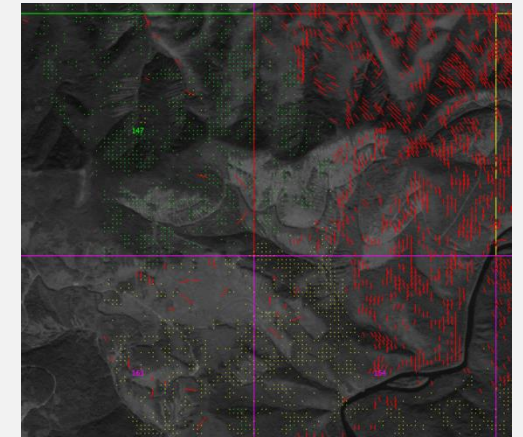
RGB-продукт



PDN-продукт



Результат оценки качества синтеза Red-канала



Отдельные блоки и вектора ошибок

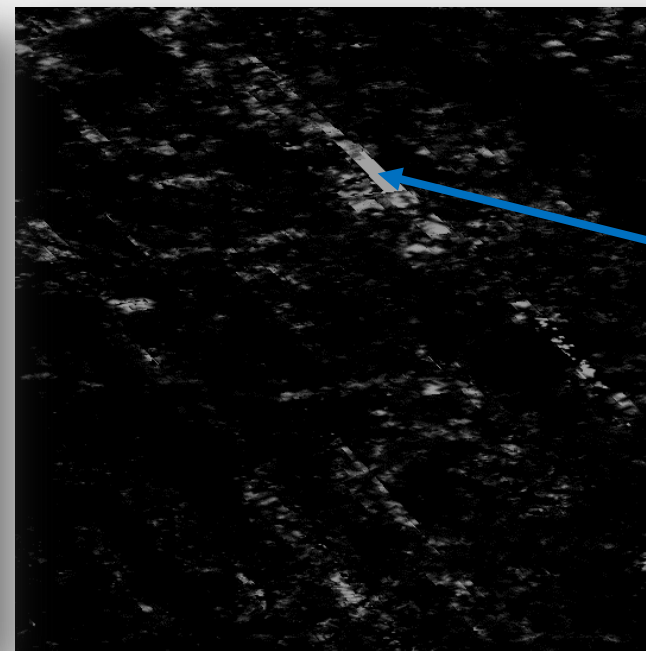
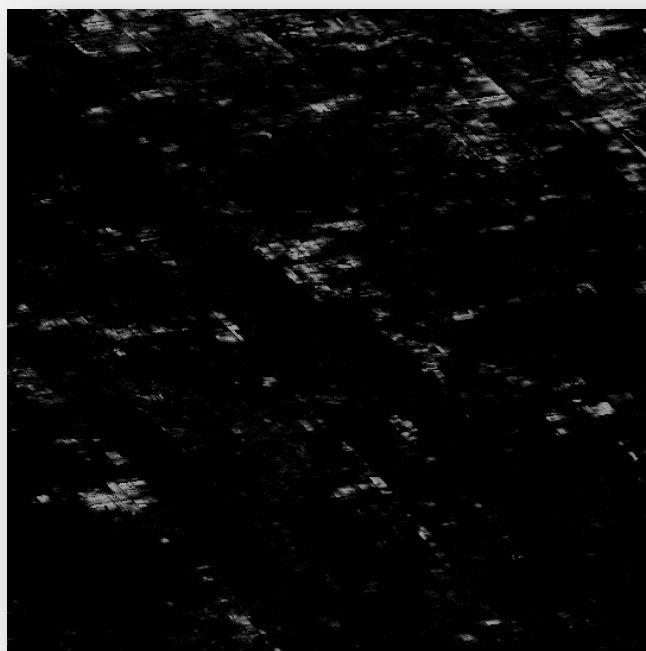
2 × AMD EPYC 75f3, 2.95 GHz
RAM: 1024 GB
4 × NVidia V100



более 5000 сцен/сут
(1 фрагмент)

Анализ полноты покрытия PDN-сценами фрагмента БСП

На основе ИНС архитектуры ResNet было разработано ПО детектирования облачности для PDN-продуктов, а также формирование единого изображения анализа полноты покрытия фрагмента БСП



«Нет данных»

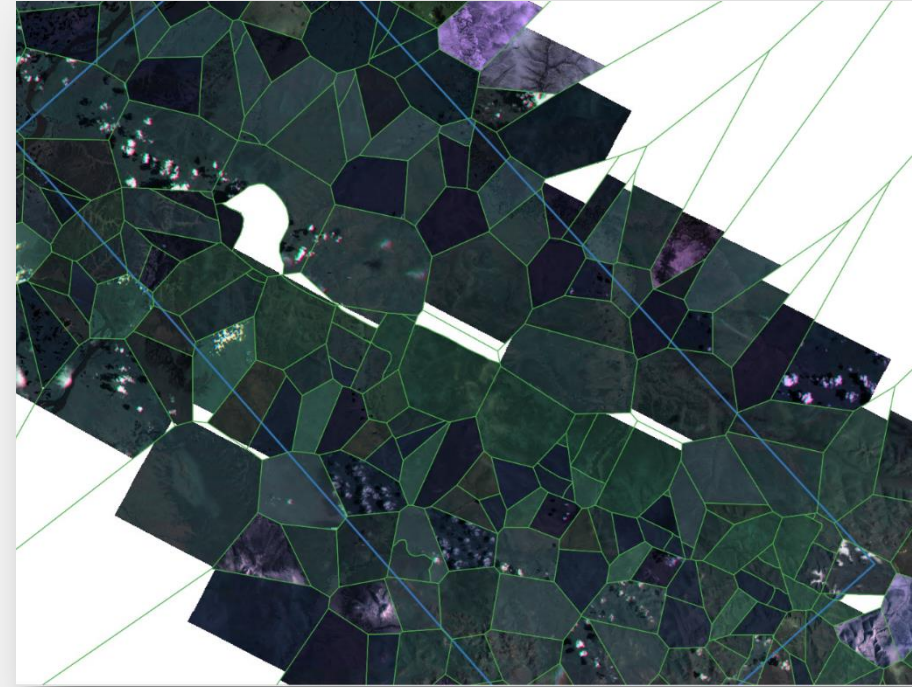
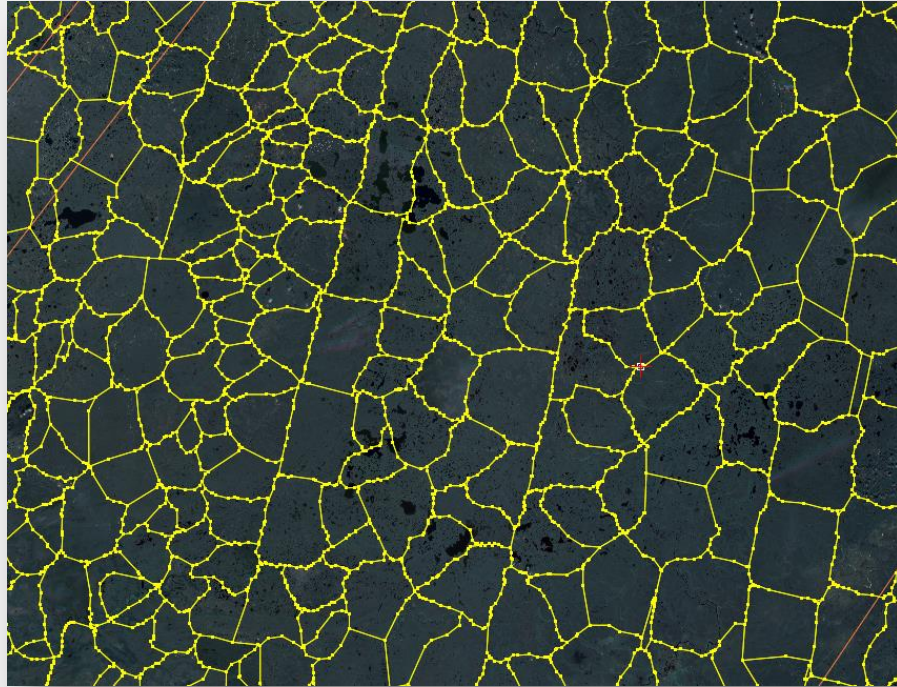
Примеры результатов работы анализа полноты покрытия

Время работы - составляет 1,5 часа для целого фрагмента БСП (около 5000 сцен)

2 × Intel Xeon Gold 5220R, 2.8 GHz
2 × Nvidia Tesla V100S
RAM 768 GB, RAID5, 30 TB

Пофрагментное построение БСП

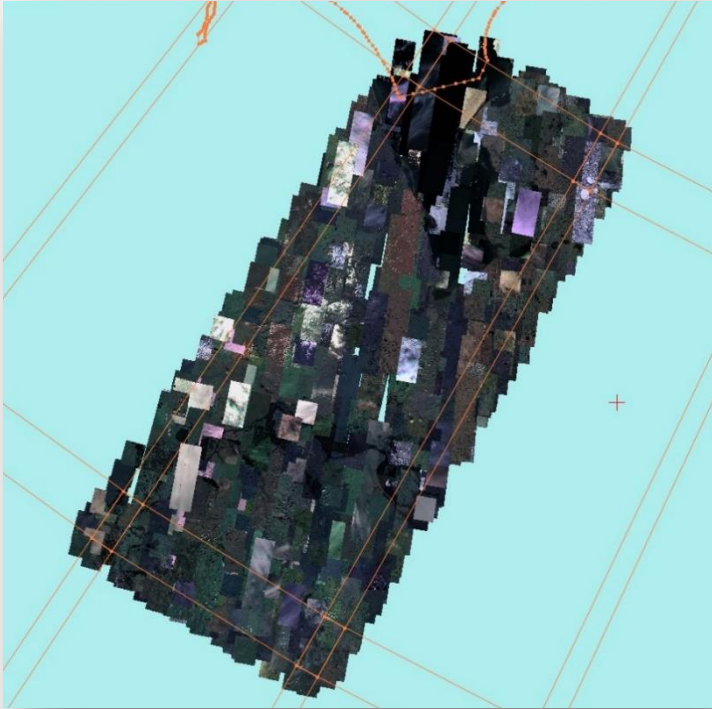
Для построения фрагмента БСП использовалось ПО PHOTOMOD «GeoMosaic» и ПО «ИКК БСП»*



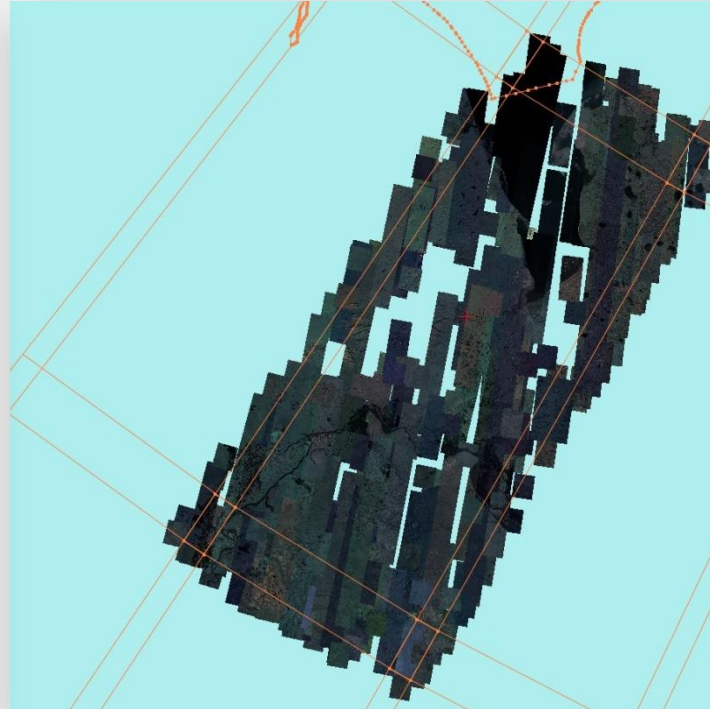
Результаты автоматического создания и интерактивного редактирования линий порезов на примере фрагмента БСП

**Васильев А.И., Ромайкин С.В., Пестряков А.А., Емельянов А.А. Разработка программного обеспечения интерактивного контроля и создания бесшовных сплошных покрытий // Стендовый доклад на XXI Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 13-27 ноября 2023 г. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=249&thesis=9624>*

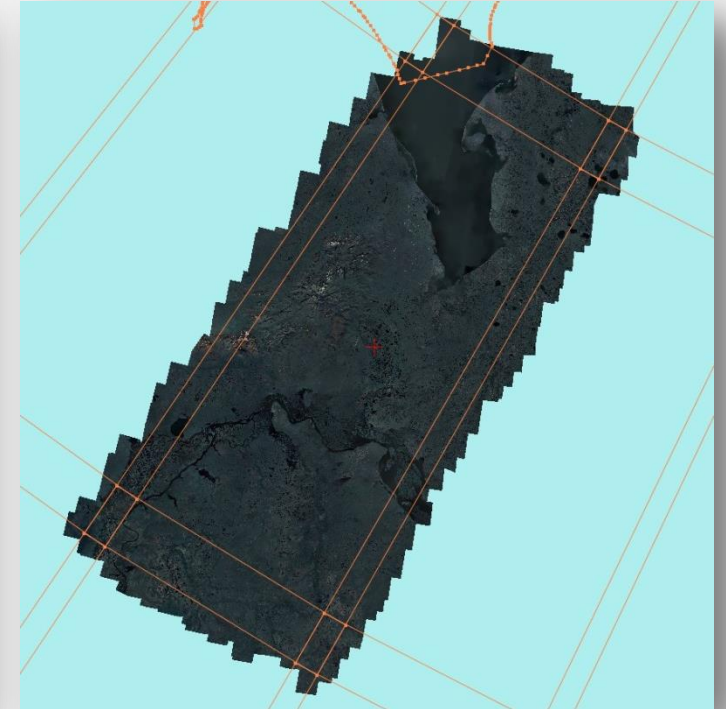
Построение фрагмента БСП



Первоначальный набор данных PDN



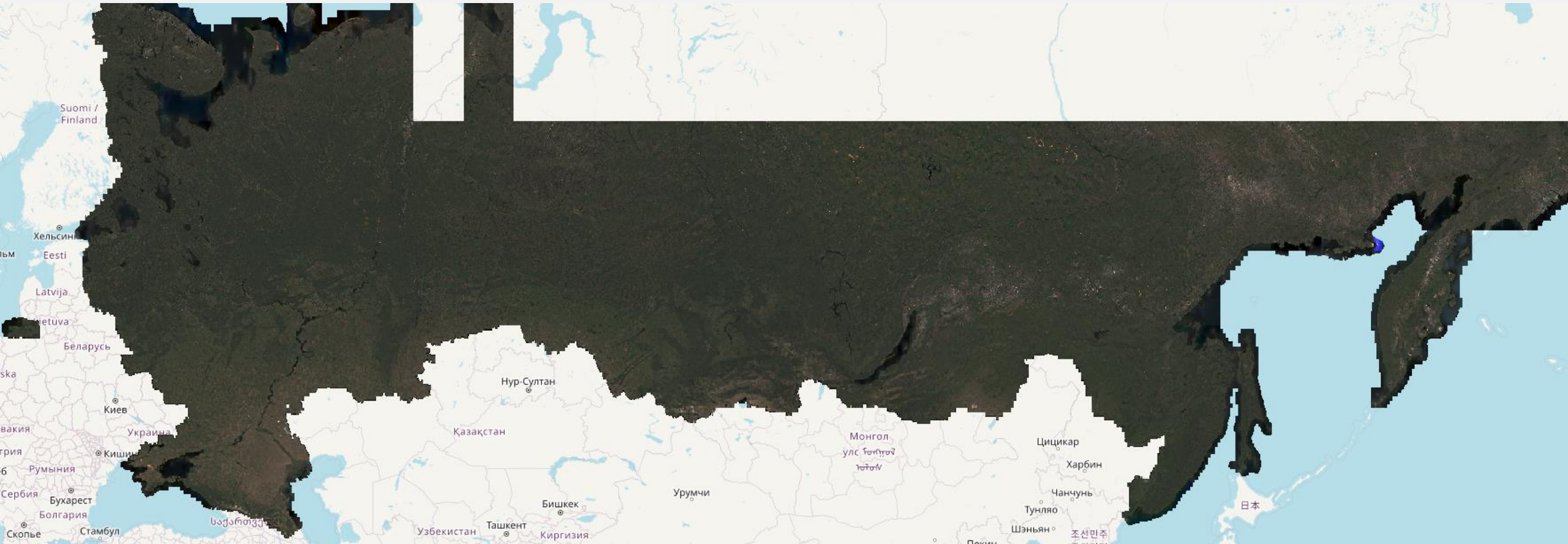
Результаты выборки кондиционных данных



Сформированный фрагмент БСП с выравниванием

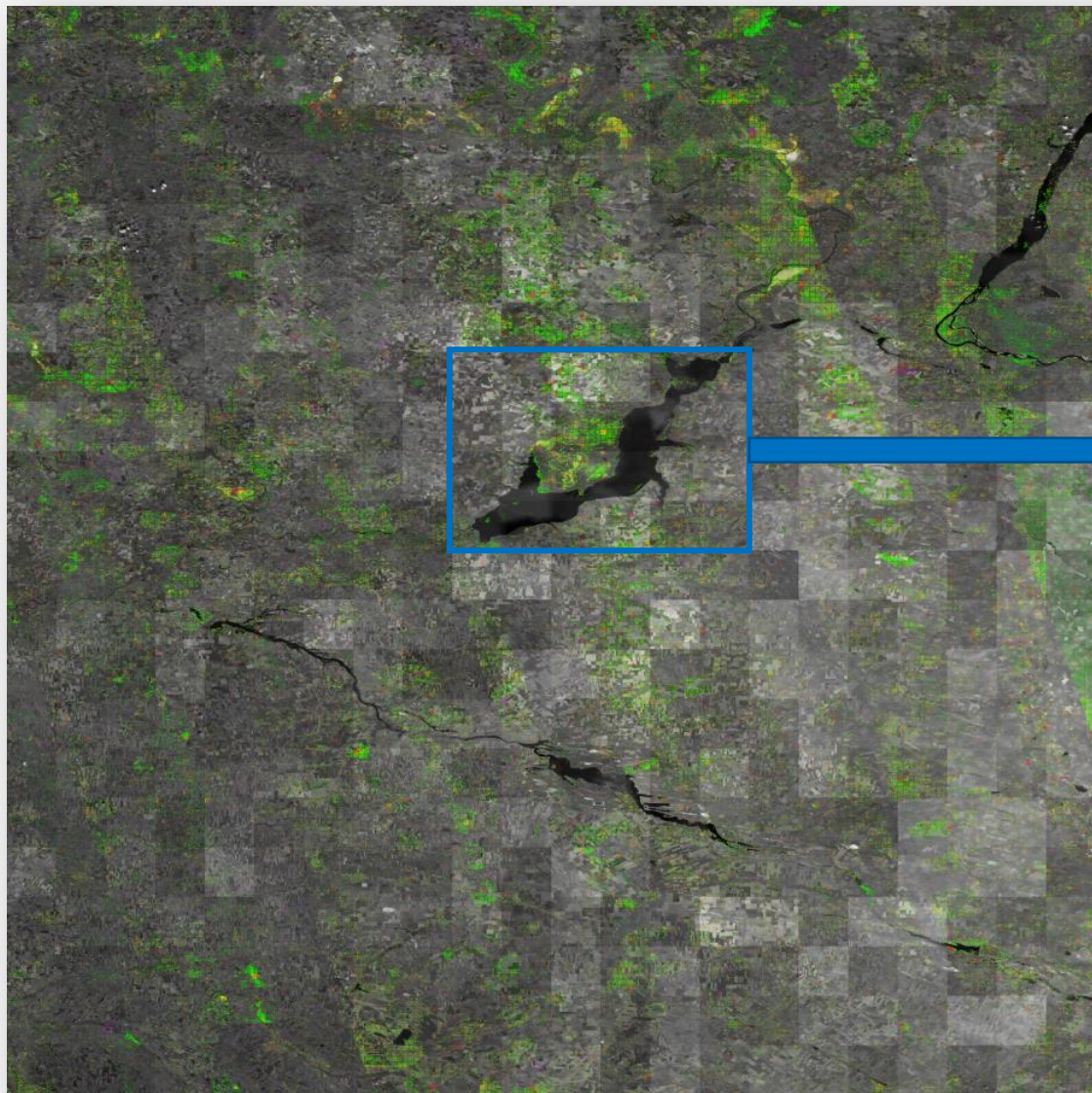
Интерактивная работа в проекте составляет 16...40 часов работы оператора. Трудность заключается в сведении данных съемок, полученных при различных временных и погодных условиях (а также ошибок синтеза изображений).

Бесшовное сплошное покрытие на территорию РФ

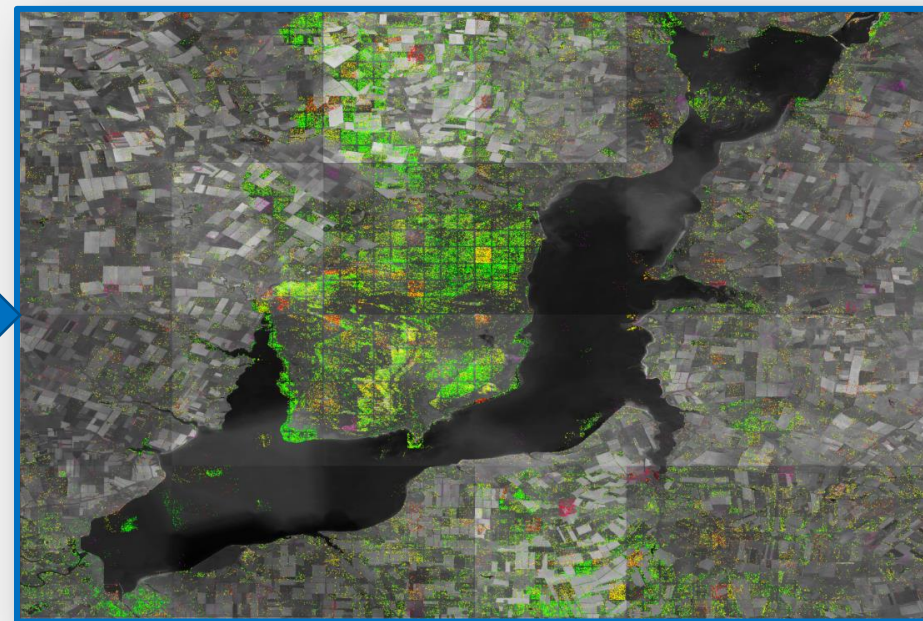


Контроль качества фрагментов БСП

Автоматическая валидация синтеза фрагмента БСП, сформированного из PDN-продуктов



Детальный фрагмент

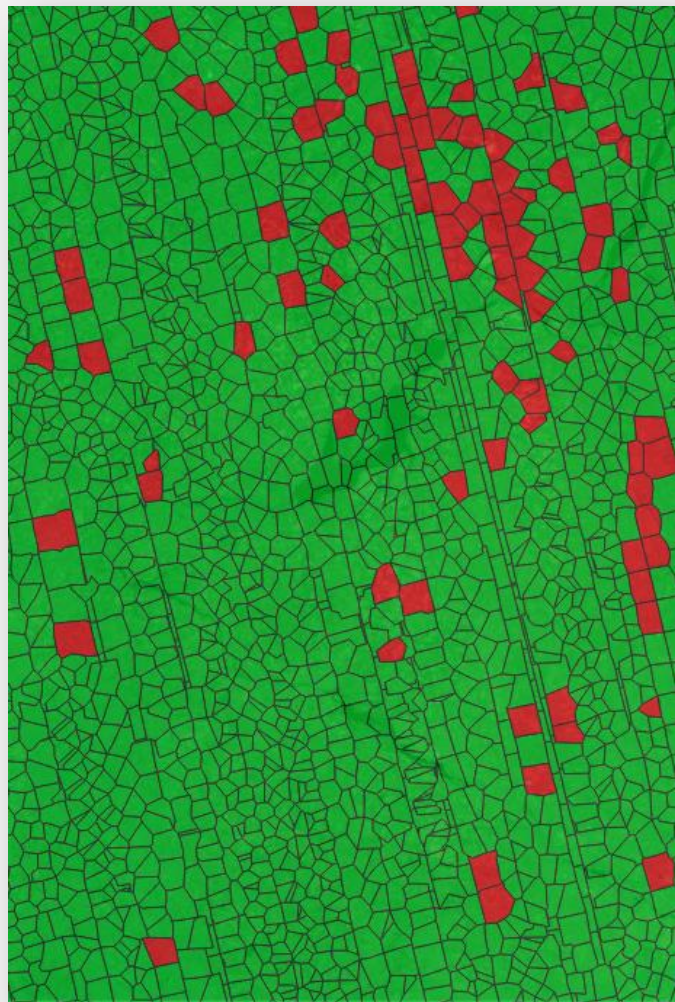


*Васильев А.И., Крылов А.В., Евлашкин М.А., Мешков М.В., Малев Д.Ю.
Программные технологии автоматической оценки качества данных и
информационных продуктов ДЗЗ // Доклад на XX Международной
конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования
Земли из космоса», Москва, 14-18 ноября 2022г.*

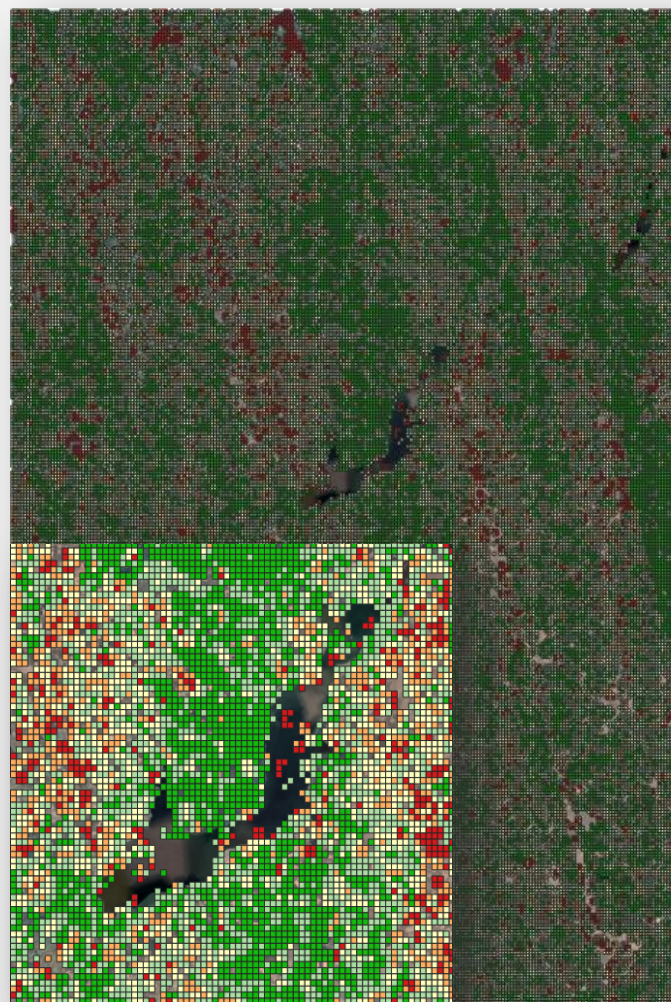
<http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=224&thesis=9106>

Контроль качества фрагментов БСП

Визуализация результата ПО валидации синтеза фрагмента БСП, сформированного из PDN-продуктов для оператора АРМ, выполняющий коррекцию синтеза в полуавтоматическом режиме.



Результаты валидации, отображаемые по границам «порезов»



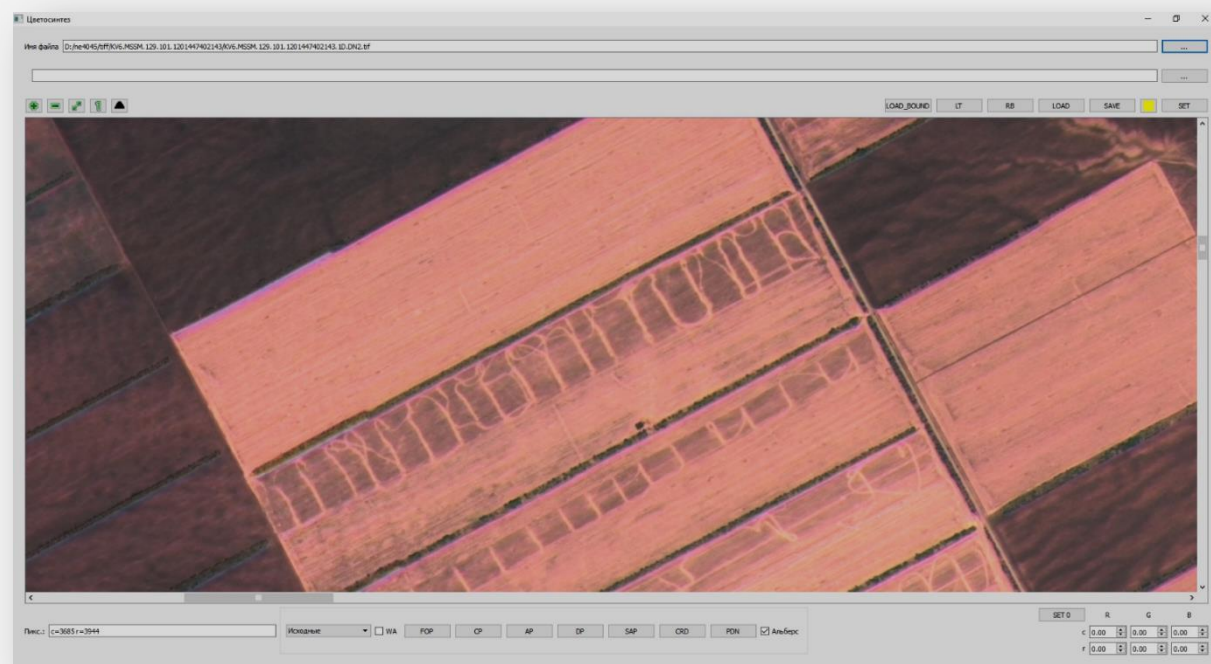
Точечное отображение результатов валидации



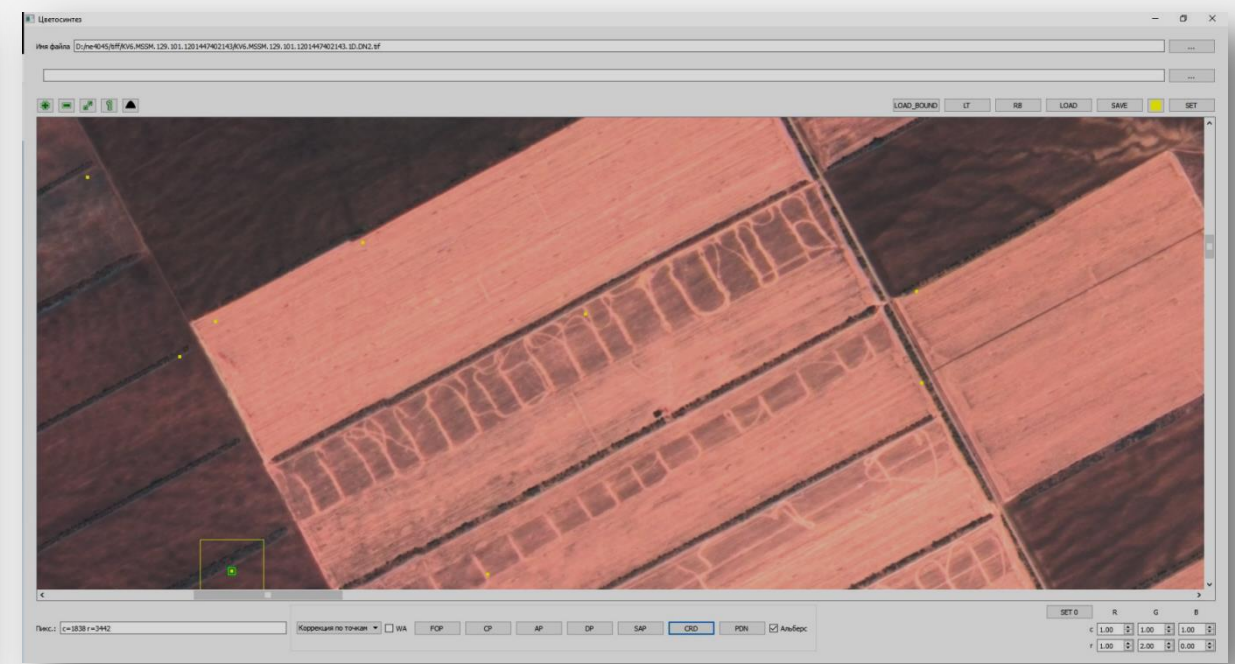
Увеличенный фрагмент результатов точечного отображения

Полуавтоматическая коррекция синтеза PDN-продуктов

Разработано специализированное технологическое ПО полуавтоматической коррекции синтеза



Сцена до коррекции



Сцена после коррекции

Технология онлайн коррекции синтеза:

- 1. Оператор выбирает окрестность*
- 2. Выполняется автоматический корреляционный поиск соответствий*
- 3. На основе триангуляции выполняется коррекция растровых данных*
- 4. Пересчет изображения PDN-продукта*

Время коррекции с учетом детального выявления ошибок синтеза оператором составляет 10...40 минут (в зависимости от площади некондиционного синтеза)

Вычислительные ресурсы технологии создания БСП



Узел автоматического формирования PDN-сцен

2 × AMD EPYC 75f3, 2.95 GHz, 32 Cores

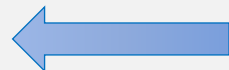
RAM 1TB

4 × NVidia V100



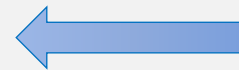
Узел хранения PDN

65 TB



Узел хранения стандартных продуктов

70 TB



Долговременный архив БП

Ленточная библиотека



Буфер временного хранения + Узел валидации

2 × Intel Xeon Gold 5220R, 2.8 GHz, 48 Cores

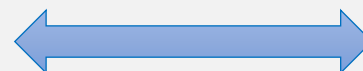
2 × Nvidia Tesla V100S

RAM 768 GB, RAID5, 30 TB

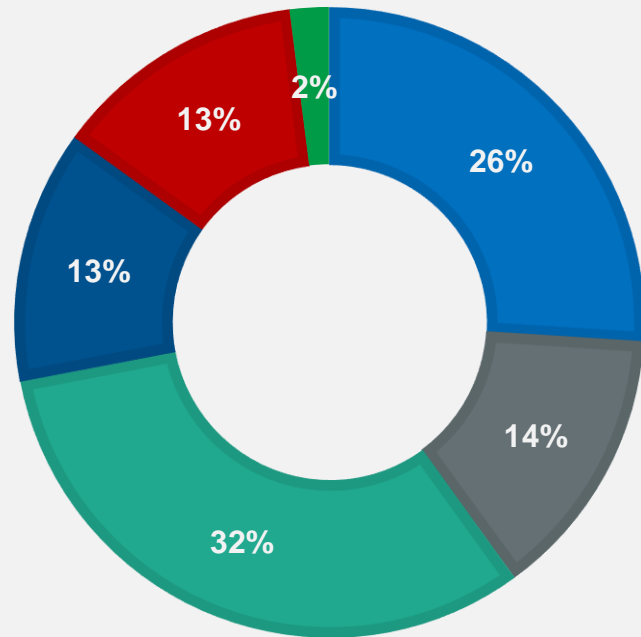


APM Оператора – 4 шт.

Intel-i7 9700K, RAM 32 GB , NVidia 1050Ti ,RAID0-10 TB



Оценки времени формирования БСП



- Обработка PDN-сцен
- Передача PDN-сцен на АРМ оператора
- Построение фрагмента БСП
- Автоматическая валидация
- Интерактивная коррекция синтеза
- Цветокоррекция

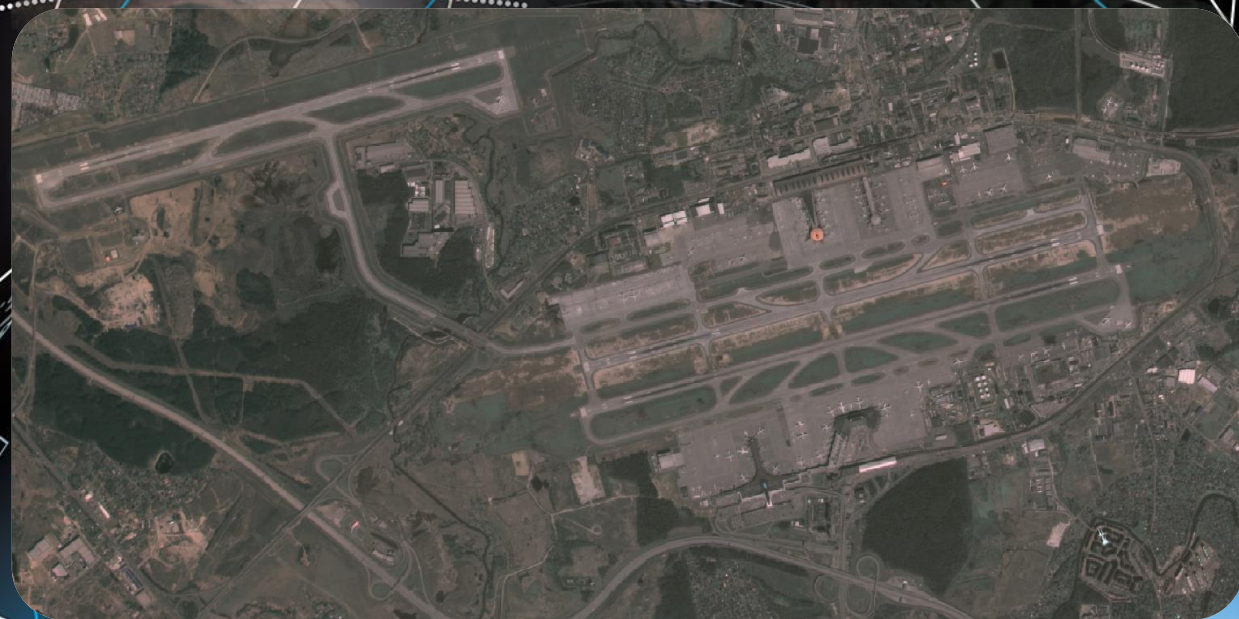
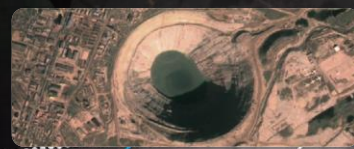
Суммарное оценочное время обработки одного фрагмента – около 90 часов (при условии, что для формирования покрытия используется около 5000 сцен).

Более 30% времени (относительно суммарного времени) используется для формирования фрагмента БСП оператором.

Технологический процесс	Время для 1 фрагмента 5°x5°, ч (в среднем ~5000 PDN-сцен)
Формирование PDN-сцен	24
Копирование PDN-сцен на АРМ оператора	13
Построение фрагмента БСП	16-40
Валидация (с учетом оператора)	24
Цветокоррекция	2

Заключение

1. Разработана технология создания БСП по данным высокого разрешения с КА типа «Канопус-В»
2. На основе технологии сформировано БСП на территорию РФ до широт Северного полярного круга (наиболее заселенной территории страны)
3. При формировании БСП выявлены следующие проблемы:
 - существенно меньшее количество съемок на Северные и Дальневосточные территории;
 - много облачных/заснеженных данных (не пригодны для БСП);
 - для формирования БСП недостаточно данных отснятых за трехлетний период
4. Специфика съемочных систем обуславливает использование эвристических алгоритмов синтеза спектральных каналов, качество работы которых также должно верифицироваться оператором



Глобальное покрытие среднего разрешения по данным КМСС КА «Метеор-М»

