РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Создание бесшовного покрытия высокого разрешения территории России на основе данных космического аппарата типа «Ресурс-П»



А.Н. Марков, А.И. Васильев, А.А. Михеев,
И.Д. Мурашова, А.А. Пестряков, А.А. Артамонов

АО «Российские космические системы»,
Научный центр оперативного
мониторинга Земли (Москва)

XXIV Международная конференция
«Современные проблемы дистанционного
зондирования Земли из космоса»
(9 – 13 ноября 2026 г., Москва)

Количественные показатели используемых и обработанных данных

Для формирования покрытия использованы архивные данные съемки космических аппаратов «Ресурс-П» №№1-3 за период 2013 – 2021 гг.
В покрытии использованы бесснежные данные с минимальным процентом облачности.

Показатель	Значение
Количество обработанных маршрутов	10 500 шт.
Количество сформированных сцен (условных кадров) на основе обработки маршрутов	Около 32 000 шт.
Объем исходных данных (сформированных сцен)	Более 400 Тб
Количество автоматически верифицированных ортопродуктов	Более 28 000 шт.
Количество отобранных сцен в покрытие	Более 13 500 шт. (42,5%)
Объем сцены без сжатия	13 Гб
Объем сцены со сжатием	3,5 Гб
Объем результирующего покрытия (со сжатием)	До 20 Тб

Объемы обработанных исходных данных и созданных информационных продуктов

Космический аппарат	%
Ресурс-П №1	77
Ресурс-П №2	17
Ресурс-П №3	6

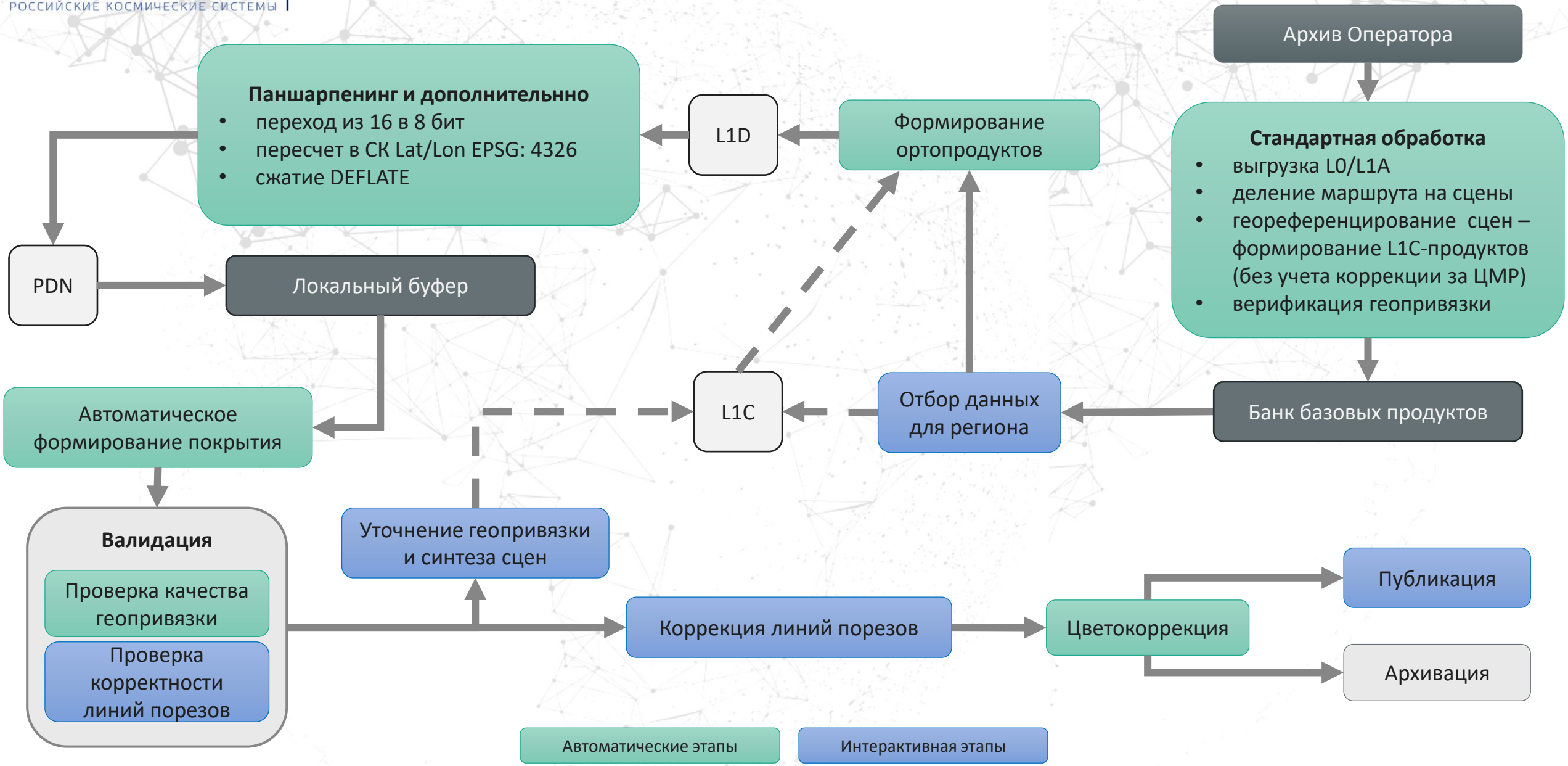
Распределение сцен в покрытии по космическим аппаратам

Год	%
До 2016 г. включительно	35
2017 – 2019 гг.	45
2020 – 2021 гг.	20

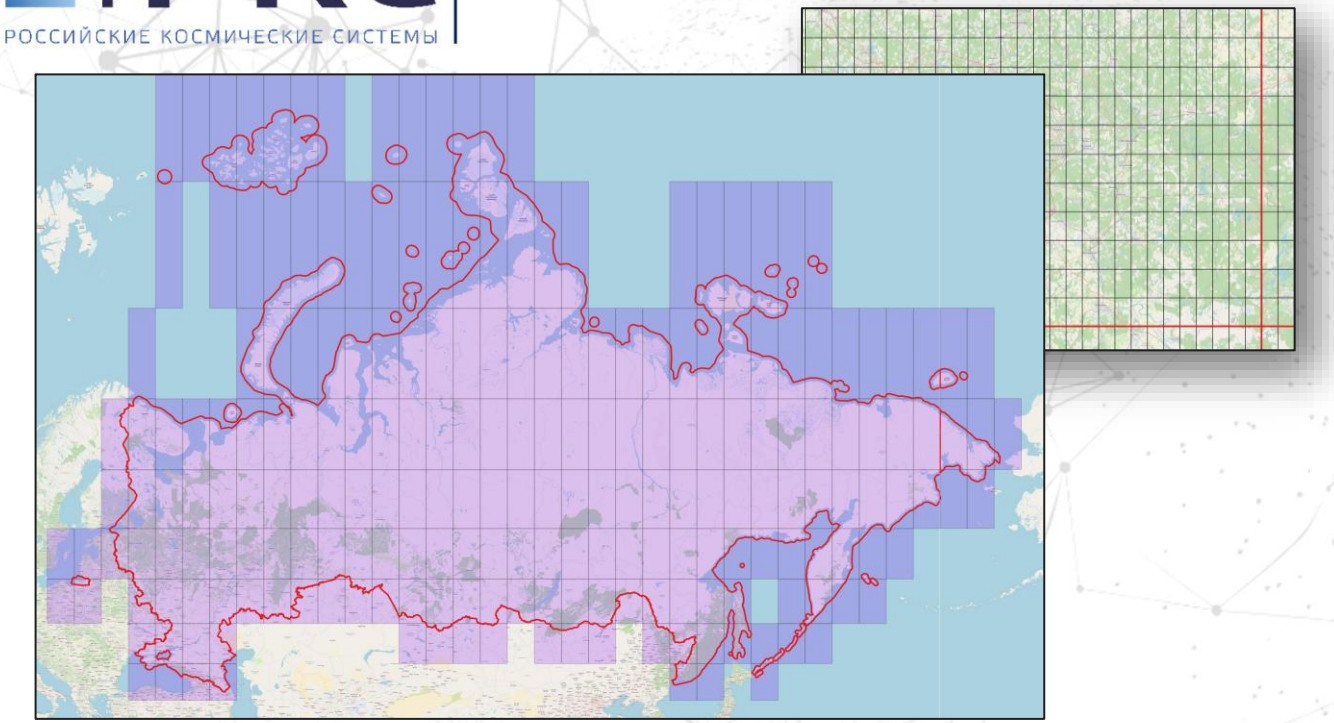
Распределение сцен в покрытии по годам съемки

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Технологическая схема процессов создания покрытия региона РФ



Фрагментирование территории Российской Федерации

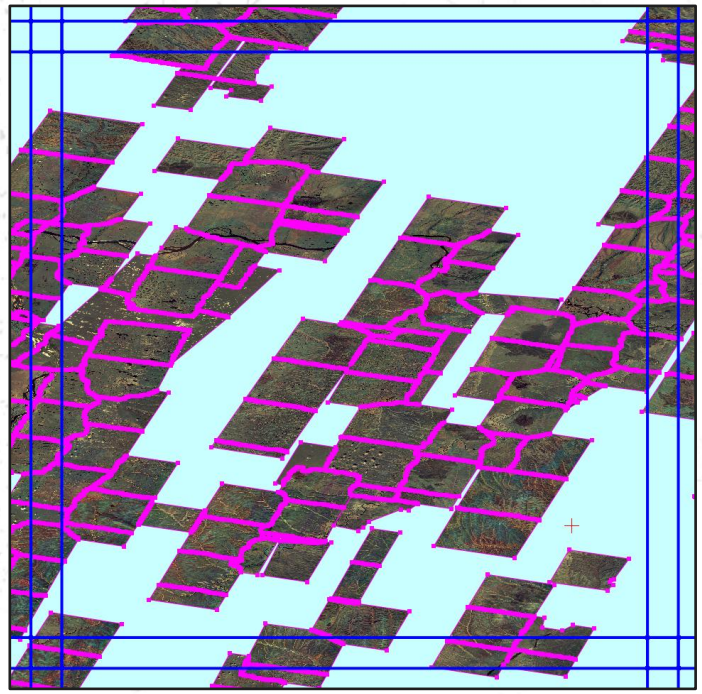


Фрагментирование территории РФ по сетке 5°×5° и деление на листы 0,125°×0,125°

С целью обеспечения предсказуемости объемов данных осуществлялось фрагментирование территории РФ и введена регулярная сетка 5°×5°.
Далее каждый фрагмент покрытия рассматривался как отдельный регион. Для хранения выполнялась нарезка на листы размером 0,125°×0,125°

	Фрагмент покрытия (входит в регион Республика Саха-Якутия)	Республика Саха-Якутия (весь регион)
Объем исходных данных	950 Гб	11,2 Тб
Количество сцен	136	1846
Количество листов	1155	20 644
Время нарезки	5,8 ч	103,2 ч

Сравнение объемов данных и временных характеристик технологии работы по субъектам РФ и по фрагментам регулярной сетки



Пример фрагмента покрытия с выполненным построением линий порезов

Вычислительные средства и хранилища

Номинальная оценка отдельных этапов обработки фрагментов БСП
(из расчета обработки 1 500 листов фрагмента покрытия)

Этап	Время, ч
Формирование ортопродуктов и создание PDN (для обработки 136 сцен – на фрагмент БСП)	13
Автоматическое формирование фрагмента БСП, включая нарезка покрытия на листы	25,5
Автоматическая проверка качества геопривязки	12
Интерактивная проверка	16,5
Исправление ошибок георефернцирования и синтеза	3
Интерактивное исправление покрытия	25
Цветокоррекция	12



Формирования ортопродуктов и создания PDN
Два вычислительных узла в номинальной конфигурации :
CPU: 2 × Intel Xeon Gold, 32 Cores
RAM: 768 GB, GPU: 2 × NVidia V100



Архив ББП
Ленточная библиотека и
Буферы оперативного хранения



Распределенное хранения PDN и фрагментов БСП
Более 200 ТВ



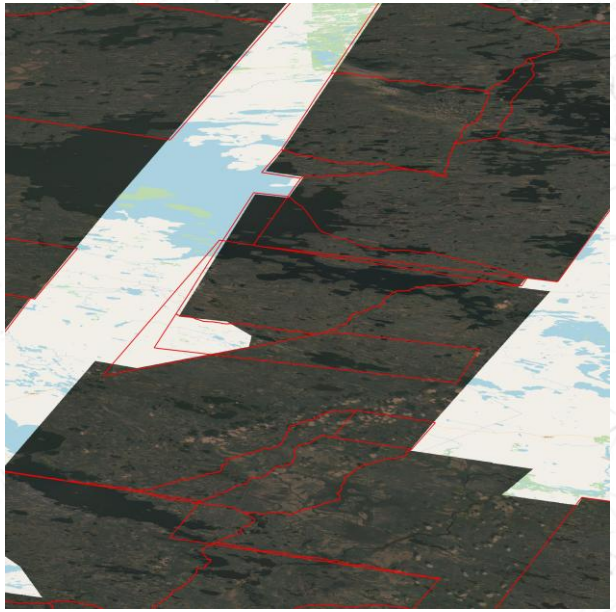
Автоматическое формирование БСП и автоматическая проверка геопривязки
CPU: 2 × Intel Xeon Gold, 48 Cores
RAM: 768 GB, GPU: 2× NVIDIA Tesla V100S



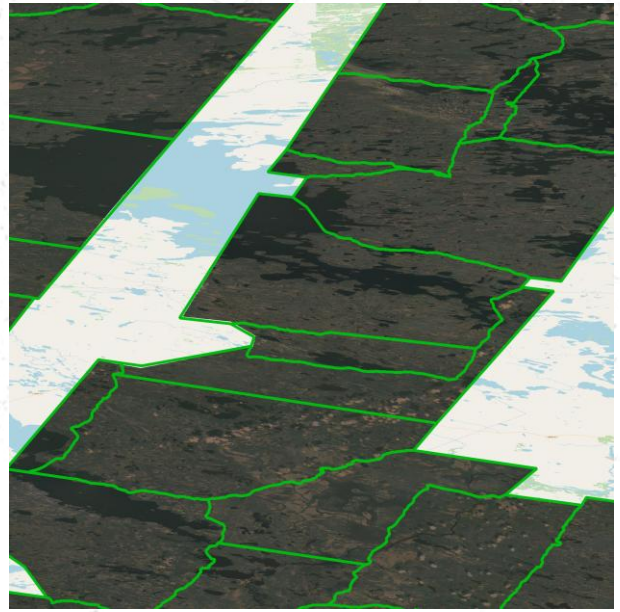
АРМ Оператора – 4 шт.
CPU: Intel-i9 12900K
RAM: 64 GB
GPU: NVIDIA RTX 4070
RAID0-20 TB

Порядок формирования фрагментов бесшовного покрытия

1. Автоматическое построение линий порезов и формирование фрагментов покрытия
2. Контроль качества сформированного фрагмента покрытия включает:
   - автоматическая проверка качества георефернцирования и синтеза;
   - интерактивный контроль в части подтверждения результатов работы автоматов и детектирование невыявленных артефактов (наложений линий порезов, топологические ошибки на изображении, наличие снежного покрова, облаков и др.)
3. Интерактивное формирование результирующего фрагмента покрытия с учетом выявленных ошибок



Пример первичного автоматического построения линий порезов



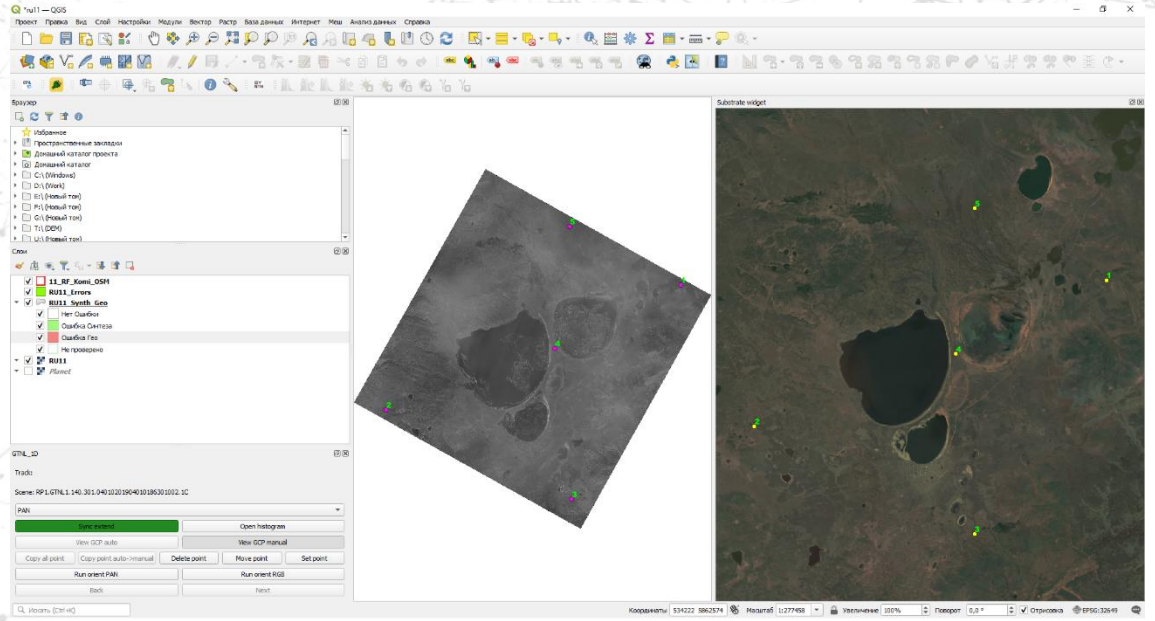
Пример линий порезов после интерактивного контроля и редактирования

Интерактивный контроль и коррекция ошибок георефернцирования и синтеза изображений

Результаты автоматической оценки качества георефернцирования проверяются оператором, выделяются сцены с ошибками для дальнейшего интерактивного исправления.



Пример ошибки георефернцирования



Интерактивное исправление ошибок георефернцирования

Для интерактивного исправления ошибок георефернцирования разработан модуль ГИС. В качестве опорного покрытия для набора опорных точек выступает бесшовное сплошное покрытие территории РФ комплексированными данными с КА типа «Канопус-В»*.

* Марков А.Н., Васильев А.И., Крылов А.В., Михеев А.А., Пестряков А.А., Ромайкин С.В., Михаленков Р.А., Мурашова И.Д., Акимов А.А. Технология создания бесшовного сплошного покрытия территории России по данным космических аппаратов «Канопус-В» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 5. С. 97-115.
DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-5-97-115.

Интерактивная коррекция синтеза



Для проведения коррекции синтеза спектральных каналов также разработано полу-автоматическое СПО, совмещающее работу коррелятора с возможностью изменения параметров вручную.

Целевой функционал СПО включает:

1. Задание точек локальной окрестности
2. Автоматическую идентификацию соответствий между каналами
3. Локальное интерактивное уточнение идентифицированных точечных соответствий в каналах
4. Коррекция изображения

В качестве исходных данных используются ортопродукты КА Ресурс-П. Изображение представляется оператору в виде PDN-продукта

Мурманск



Якутск



Череповец



Иркутск



Заключение и перспективы

- Спроектирована и реализована технология формирования покрытий высокого разрешения территории РФ по комплексированным данным КА типа «Ресурс-П»;
- Обработано более 0,4 Пб архивных данных космических аппаратов «Ресурс-П» №№1-3, отснятых за период 2013 – 2021 гг., в рамках технологического контура ЕК ББП;
- Сформировано покрытие более 8,5 млн км^2 – 46% территории России;
- Покрыто около 95% площади городов с населением более 100 тысяч человек (по данным Росстат);
- Дальнейшее развитие технологии и сформированного покрытия связано с его регламентированным обновлением данными съемки космических аппаратов «Ресурс-П» №№4-5, начиная с 2024г.
- Инициирована интеграция регионов покрытия в спутниковый сервис «ДЗЗ-Покрытие» (https://bbp.ntsomz.ru/)



Спасибо за внимание!



