

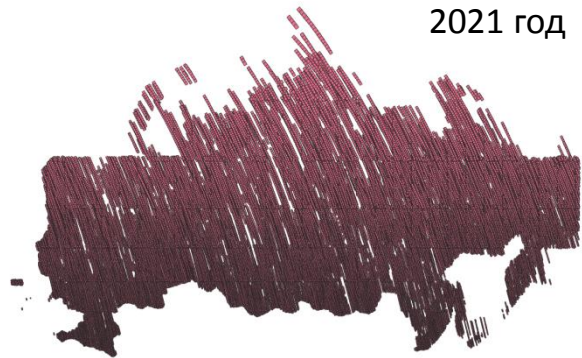
# Опытная технология формирования ежегодных покрытий территории РФ по данным КА «Канопус-В»

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

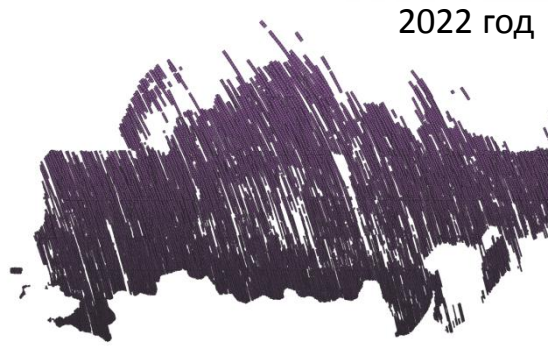
НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы» (Москва, РФ)

# Архив данных КС ДЗЗ «Канопус-В»

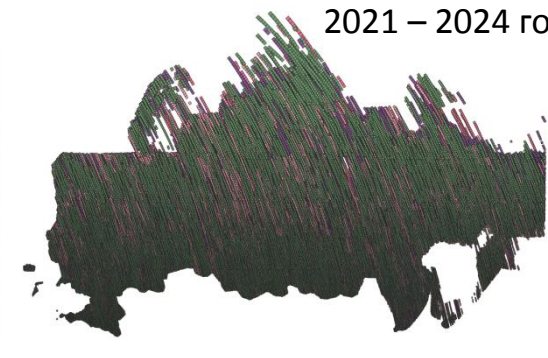
2021 год



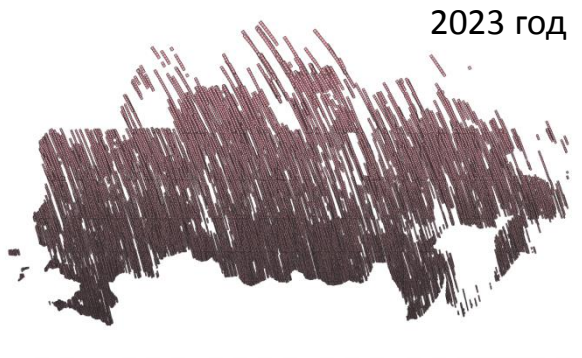
2022 год



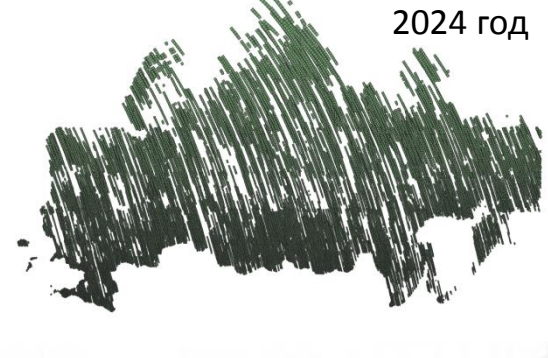
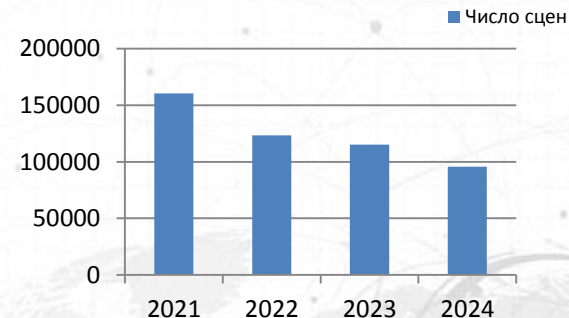
2021 – 2024 год



2023 год



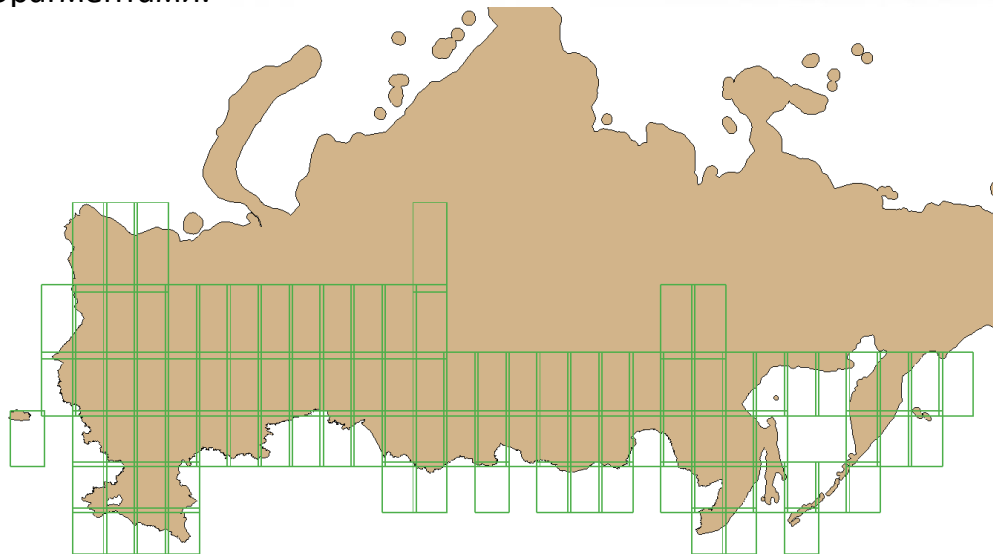
2024 год


**Распределение сцен по годам**


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>

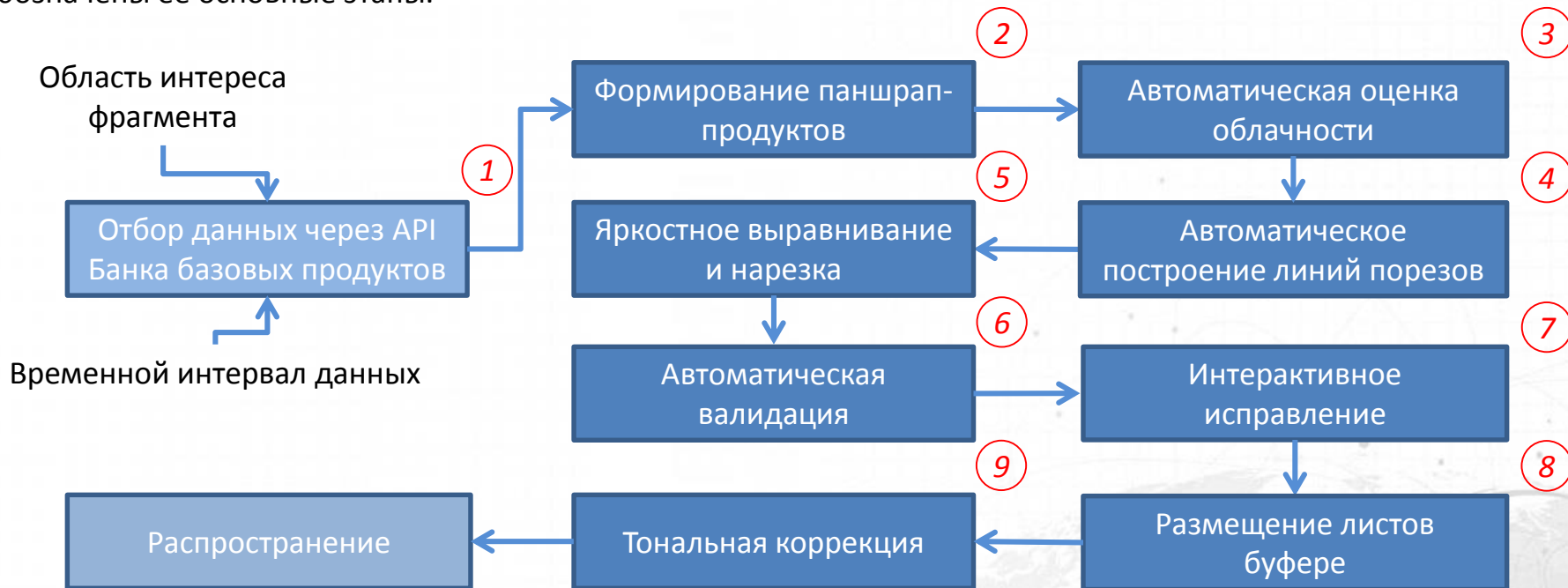
## Фрагментация области интереса

В отличие от «многолетнего бесшовного сплошного покрытия РФ»\* (Васильев и др., 2023) в ежегодных покрытиях могут присутствовать пустоты и становится критически важен процент площади покрытия фрагментов (5x5 градусов), его составляющих. Для северных и западных регионов РФ наблюдается снижение процента покрытия пригодной съемкой, поэтому область интереса формирования ежегодных покрытий ограничивается 97-100 фрагментами.



*\*Васильев А.И., Крылов А.В., Михеев А.А., Мурашова И.Д., Пестряков А.А., Ромайкин С.В., Михаленков Р.А. Технология создания бесшовного сплошного покрытия высокого пространственного разрешения на территорию России по данным группировки КА «Канопус-В» // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 71. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a*

В основе предложенной технологии используется подход рассмотренный в (Васильев и др., 2023), для которого применяется конвейерная модель пофрагментного формирования покрытий. На схеме ниже обозначены ее основные этапы.

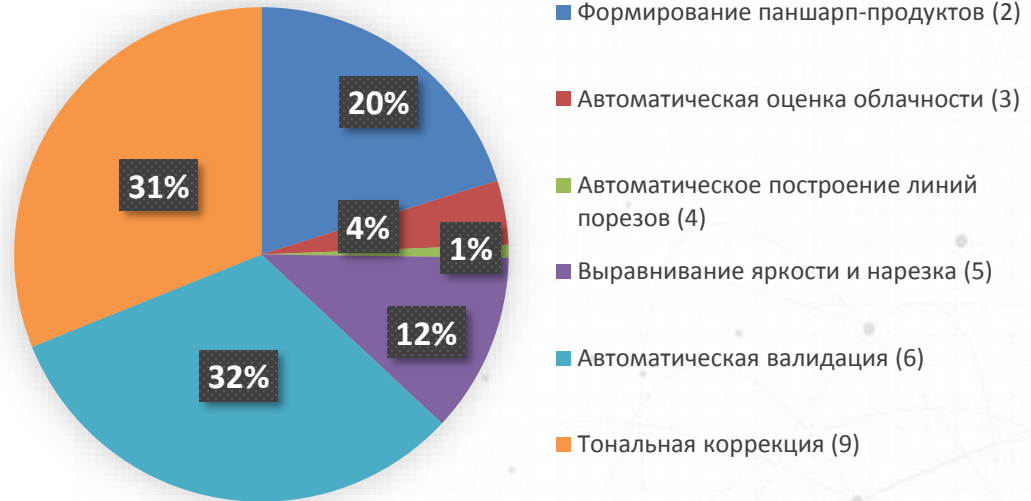


# Узел формирования фрагментов покрытий

Технологические процессы автоматической обработки были распределены по вычислительным узлам с учетом их временных затрат:

1. Узел формирования исходных данных (процессы 1-2) для построения покрытия;
2. Узел формирования фрагмента покрытия (процессы 3,4,5,6,9);

Распределение времени автоматических процессов формирования фрагмента покрытия



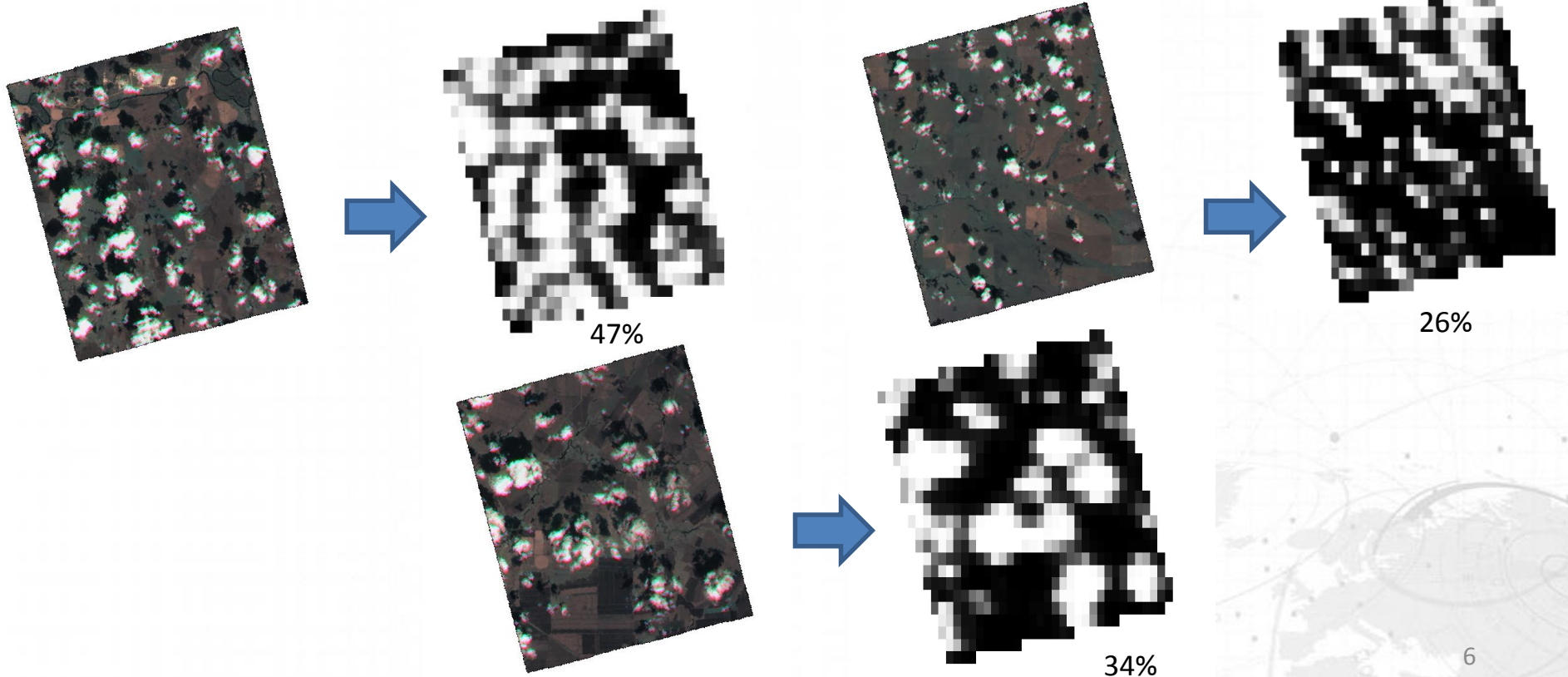
Таким образом процессы 3-6 удалось развернуть в рамках комплекса потокового формирования фрагментов покрытия на АРМ со следующими техническими характеристиками:

- CPU Intel Xeon Gold 6132 2.60Ghz
- RAM 256 Gb
- GPU Nvidia Tesla M60 x2



## Примеры результатов оценки облачности

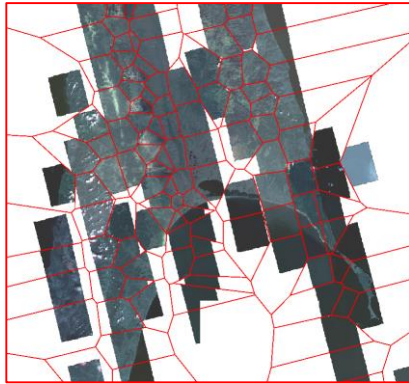
Для каждой сцены фрагмента формируется маска облачности. Данный алгоритм основан на ИНС архитектуре ResNet. В работу допускаются сцены с суммарным процентом облачности  $\leq 35\%$ .



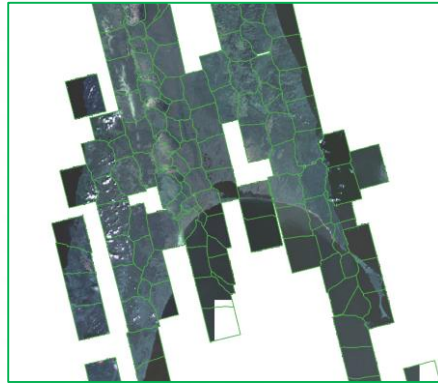
# Автоматическое построение линий порезов

Рассматривался традиционный подход, основанный на построении диаграммы Воронова. Широко используется в профильном ПО. Достоинства: высокая скорость. Недостатки: линии порезов требуют интерактивной коррекции.

В автоматическом контуре был реализован модифицированный метод поиска кратчайшего расстояния (на базе метода Дейкстры) на основе минимизации критерия  $|R1-R2| + |G1-G2| + |B1-B2|$ . Достоинства: не требуется коррекция линий порезов. Недостатки: проигрывает в скорости диаграмме Воронова



Порезы, построенные по диаграмме Воронова\*



Порезы, построенные модифицированным методом кратчайшего расстояния



Потеря полезной информации, линии порезов нужно редактировать до выравнивания яркости

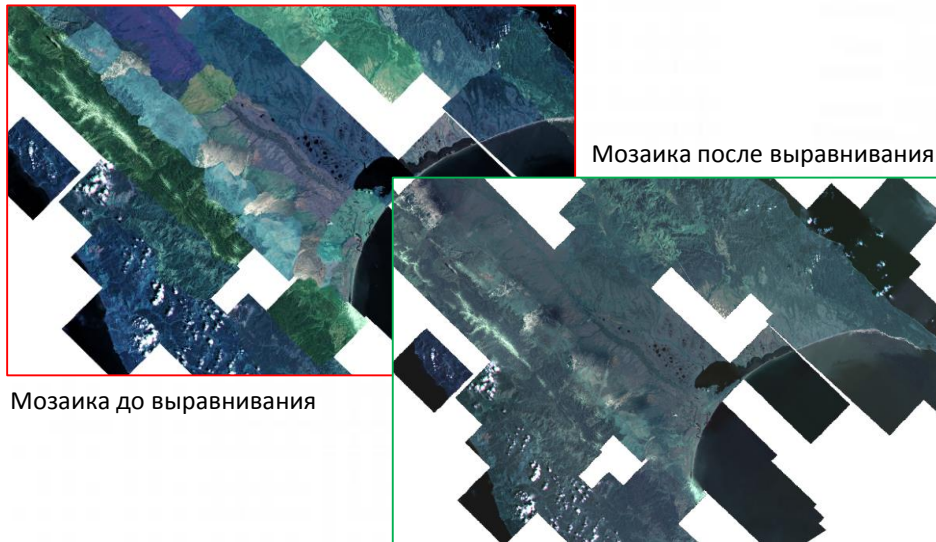


Автоматическое построение линий порезов, пригодное для автоматического выравнивания яркости

\*Васильев А.И., Ромайкин С.В., Пестряков А.А., Емельянов А.А. Разработка программного обеспечения интерактивного контроля и создания бесшовных сплошных покрытий // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 71. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a

# Яркостное выравнивание смежных сцен в покрытии фрагмента

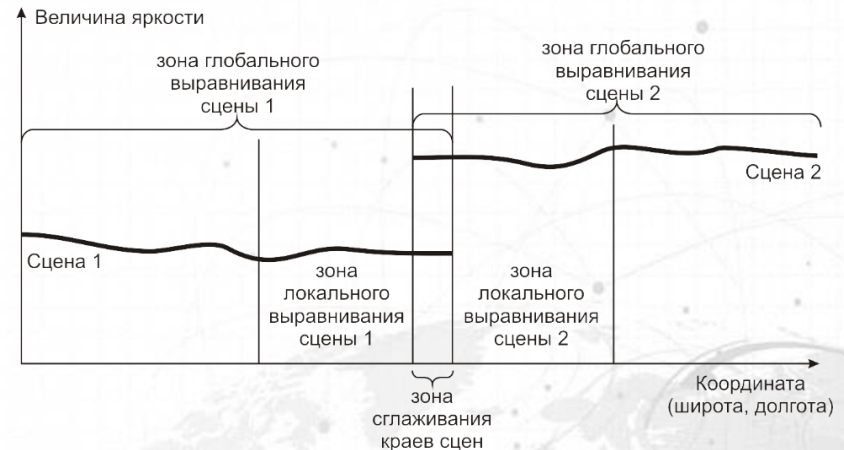
Яркостное выравнивание обеспечивает «бесшовность» формирования фрагмента из сцен, характеристики яркости, контраста и цветового баланса которых могут сильно отличаться.



Выравнивание яркости осуществляется в три этапа\*:

1. глобальное выравнивание:
  - выравнивание яркости по границам;
  - регрессия;
2. локальное выравнивание;
3. сглаживание краев изображения.

Схема яркостного выравнивания на примере двух смежных сцен



\*Васильев А.И., Пестряков А.А., Михеев А.А., Мурашова И.Д. Особенности формирования тонально сбалансированного покрытия глобального уровня по данным КМСС КА «Метеор-М» // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2022. С. 85. DOI 10.21046/20DZZconf-2022a



# Тональная балансировка

Для тональной балансировки на основе опорного покрытия рассчитываются корректирующие коэффициенты (для каждого спектрального канала)

$$Gain = \frac{STD DN_{ref}}{STD DN_{raw}}$$

$$Offset = MEAN DN_{ref} - MEAN DN_{raw} \times Gain$$

где:

$Gain$  – мультипликативный коэффициент;

$STD DN_{ref}$  – среднеквадратичное отклонение цифровых отсчетов опорного покрытия;

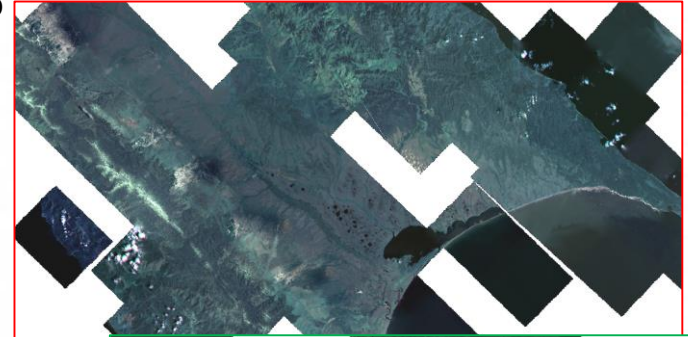
$STD DN_{raw}$  – среднеквадратичное отклонение цифровых отсчетов исходного снимка ;

$Offset$  – аддитивный коэффициент ;

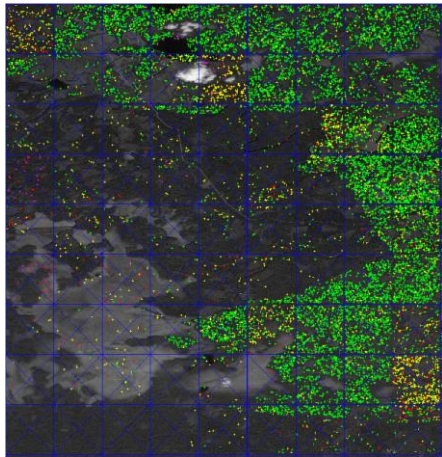
$MEAN DN_{ref}$  – математическое ожидание цифровых отсчетов опорного покрытия;

$MEAN DN_{raw}$  – математическое ожидание цифровых отсчетов исходного снимка.

Фрагмент до тональной балансировки



Фрагмент после тональной балансировки

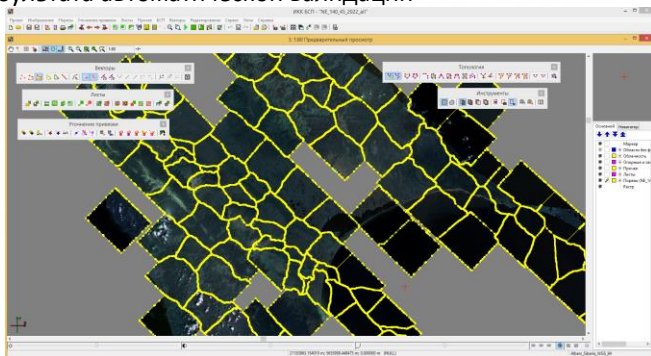


В рамках процесса автоматической валидации фрагментов определяются места с возможными критическими проблемами синтеза спектральных каналов. Данные, полученные после применения алгоритма используются в качестве отправной точки интерактивной коррекции.

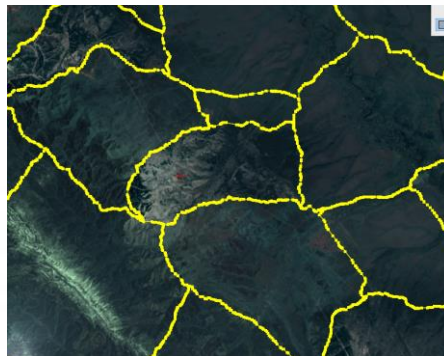
Основными проблемами, подлежащими исправлению на этапе интерактивной коррекции являются:

- Плохое качество синтеза
- Ошибки яркостного выравнивания
- Ошибки линий порезов
- Ошибки тональной балансировки
- Ошибки исходных данных, артефакты и неверная сезонность

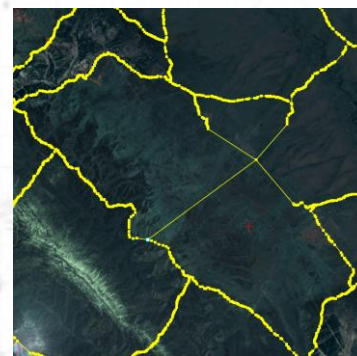
Пример результата автоматической валидации



Проект фрагмента в Photomod GeoMosaic



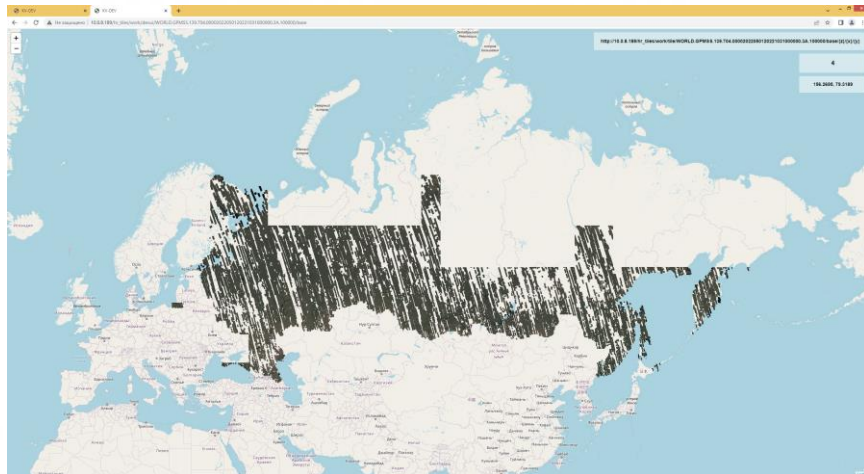
Проблемный участок



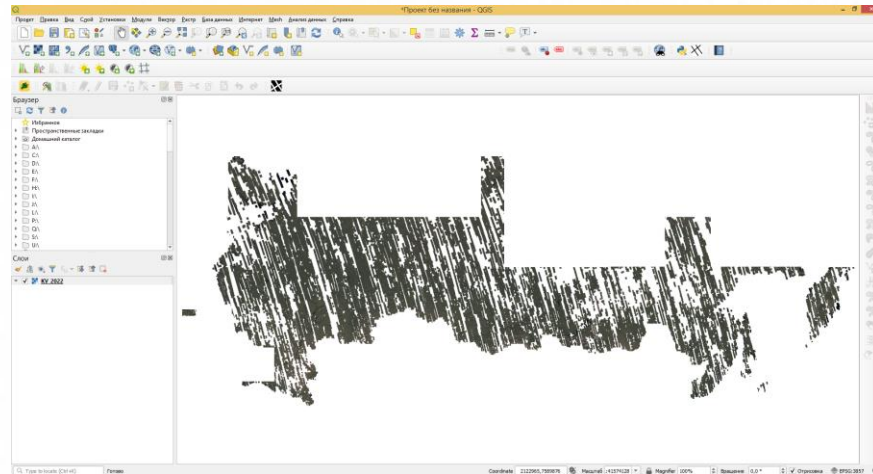
Исправленный участок

# Предоставление доступа к ежегодным покрытиям

Предоставление сформированных ежегодных покрытий обеспечивается с использованием специализированной технологии\*. Готовые покрытия становятся доступны для просмотра в виде тайловых слоев в web-интерфейсе Банка базовых продуктов (<http://bbp.ntsomz.ru>) либо в пользовательском ГИС (QGIS).



Покрытие в web-интерфейсе



Покрытие в ГИС QGIS

*\*Васильев А.И., Ольшевский Н.А., Синяев П.А., Пестряков А.А. Особенности технологий онлайн предоставления мозаичных сплошных покрытий российских КА ДЗЗ // Информация и Космос. – 2024. – № 2. – С. 132–140.*

# Оценки производительности по формированию ежегодных покрытий

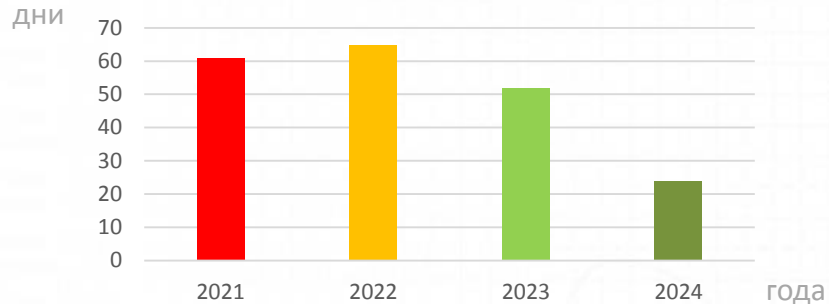
Формирование фрагмента покрытия



Характеристики узла формирования фрагментов покрытия:

- CPU Intel Xeon Gold 6132 2.60Ghz
- RAM 256 Gb
- GPU Nvidia Tesla M60 x2

Сроки формирования ежегодных покрытий



Затраченное время пропорционально задействованным ресурсам (1-2 узла формирования фрагментов)

Производительность узла формирования исходных данных для формирования покрытий (паншарп-продуктов) составляет - 5 ТБ /сутки

Средний объем данных на фрагмент покрытия составляет - 1,5 ТБ

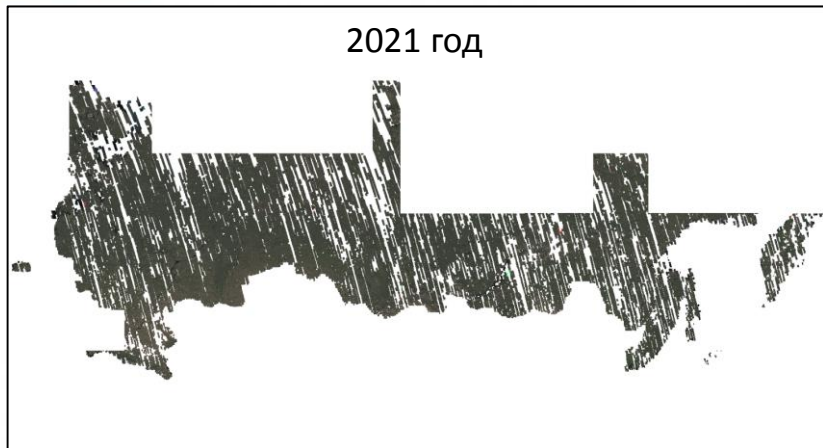
Таким образом, обеспечено рациональное использование ресурсов

Средняя производительность узла формирования фрагментов покрытия составила 3-4 фрагментов в сутки

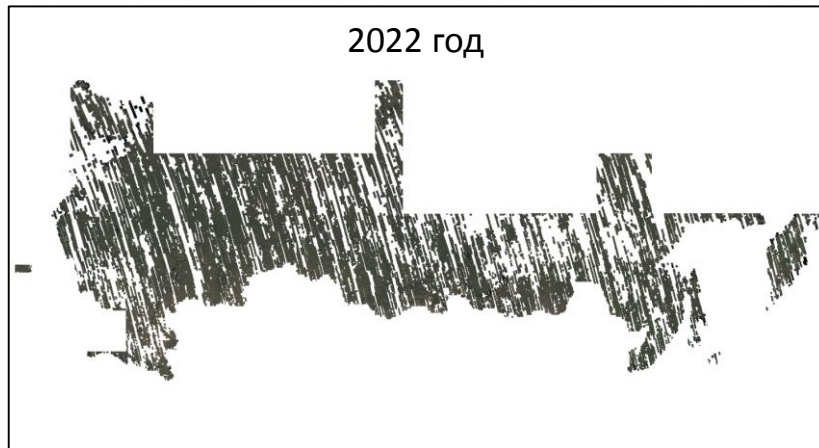


# Сформированные ежегодные покрытия

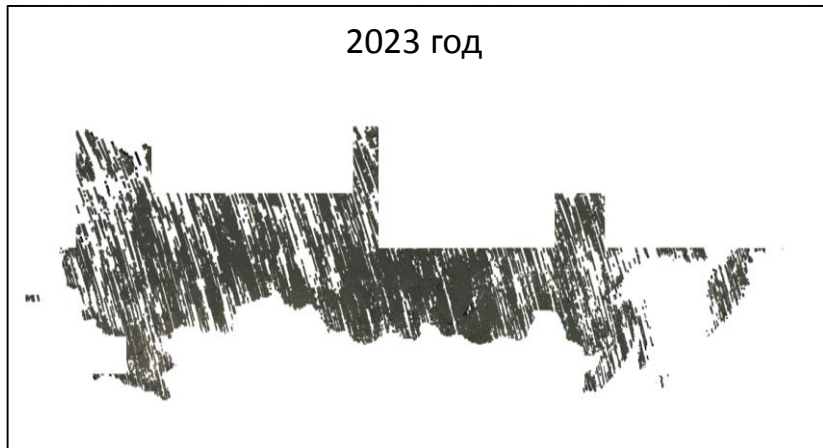
2021 год



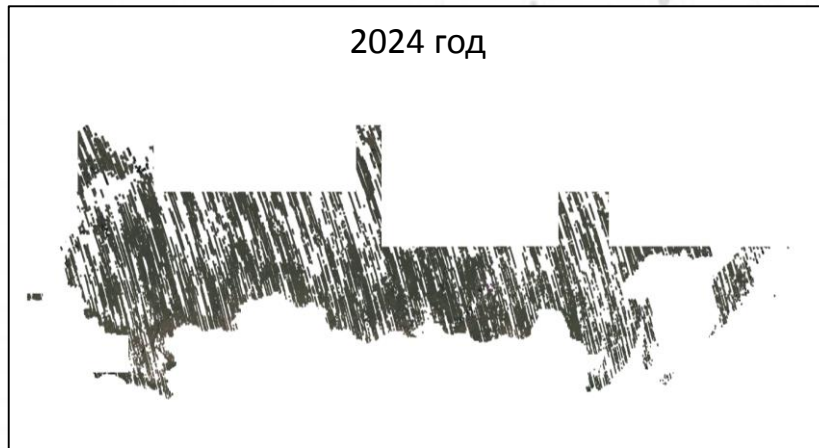
2022 год



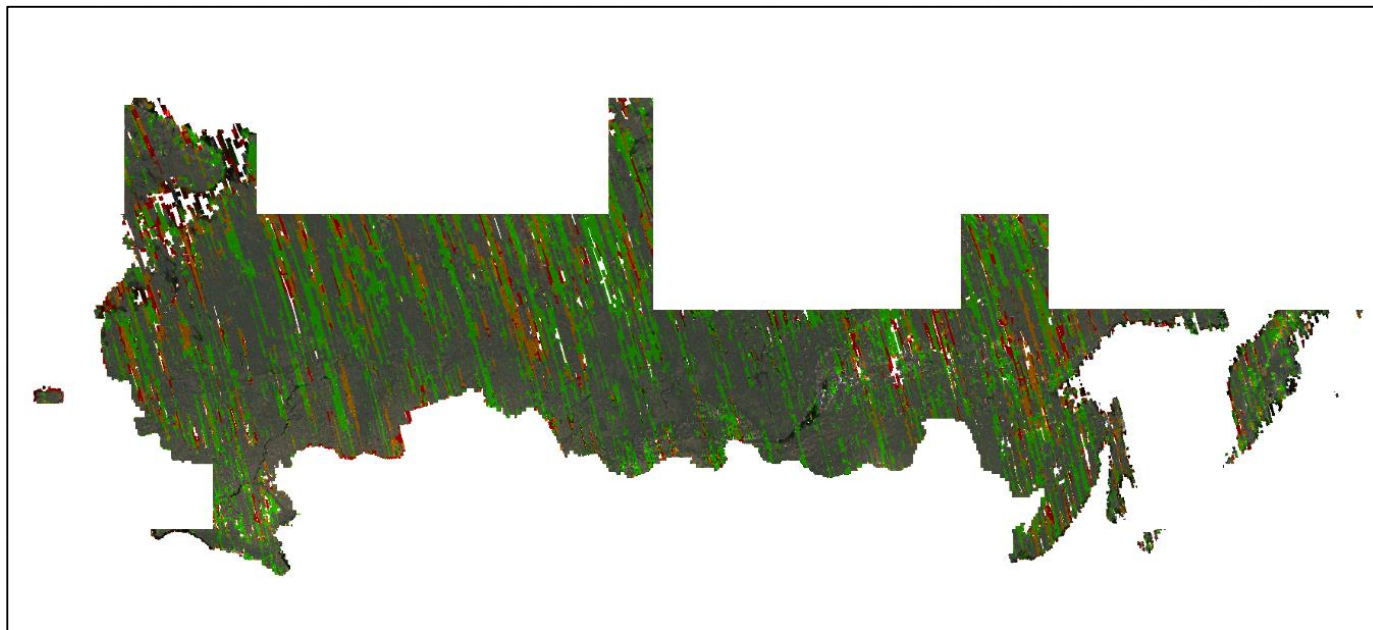
2023 год



2024 год



# Сформированные ежегодные покрытия



- 2021 год
- 2022 год
- 2023 год
- 2024 год

Комбинированное представление ежегодных покрытий

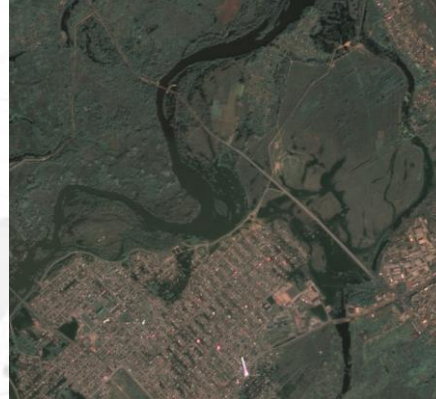
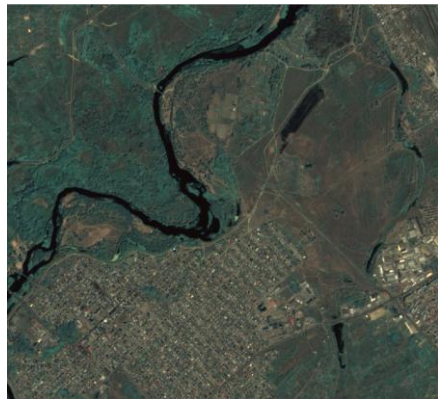


# Мониторинг по ежегодным БСП

Строительство ЮВХ (г. Москва)



Наводнение (г. Орск)



2021 год

2022 год

2023 год

2024 год

## Основные результаты

- Произведена оценка архива данных съемки КС ДДЗ «Канопус-В»
- Предложена и апробирована новая технология создания ежегодных покрытий по данным КС ДЗЗ «Канопус-В»
- Среднее время формирования ежегодного покрытия территории РФ занимает не более 1 месяца
- Сформированы четыре ежегодных покрытия территории РФ (за 2021, 2022, 2023 и 2024 годы)
- Предложен комбинированный подход предоставления ежегодных покрытий с использованием ресурсов Банка базовых продуктов



Спасибо за внимание!

