

Разработка программных технологий обработки данных малого космического аппарата высокого разрешения на основе модельных данных

Марков А.Н., Васильев А.И.,
Крылов А.В., Ромайкин С.В., Скачков А.М.,
Воронков Н.В., Козырев Н.А.
НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы» (Москва, РФ)

Общие сведения о МКА-ВР

Характеристики МКА-ВР	
Высота орбиты, км	500
Полоса захвата, км	12
Проекция пиксела на местность, м	0,53
Максимальная длина маршрута, км	440



Расположение спектральных фильтров на ФПУ для варианта 1

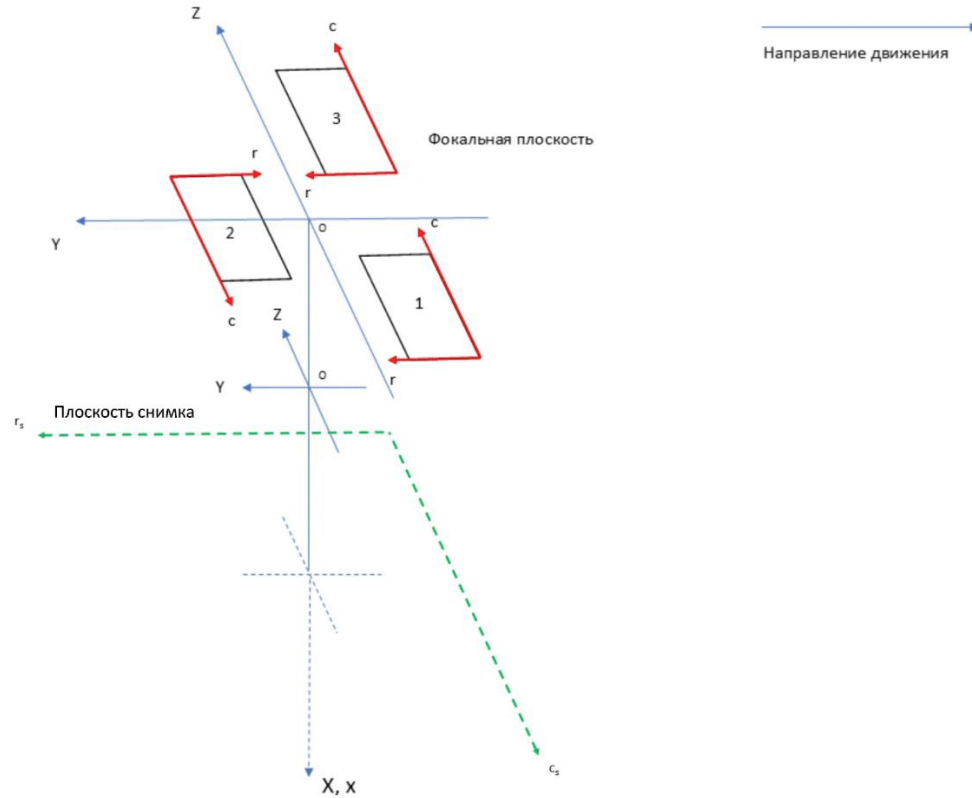


Расположение спектральных фильтров на ФПУ для варианта 2

Характеристики съемочной системы МКА-ВР			
Число матриц	3	Разрешение матрицы, пикс	8424x6032
Число спектральных каналов	4	Тип затвора	Глобальный
Возможные комбинации спектральных каналов	1: 0.5-0.8 мкм (PAN), 0.51-0.58 мкм (G), 0.63-0.69 мкм (R), 0.77-0.89 мкм (NIR) 2: 0.45-0.52 мкм (B), 0.52-0.60 мкм (G), 0.63-0.69 мкм (R), 0.77-0.89 мкм (NIR)	Размер пикселя, мкм	4,6x4,6
		Фокусное расстояние, мм	4300
Режимы съемки	Объектовая, маршрутная, площадная, стерео	Такт съемки, сек	0,1

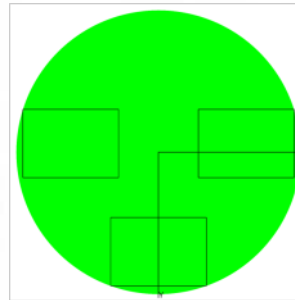
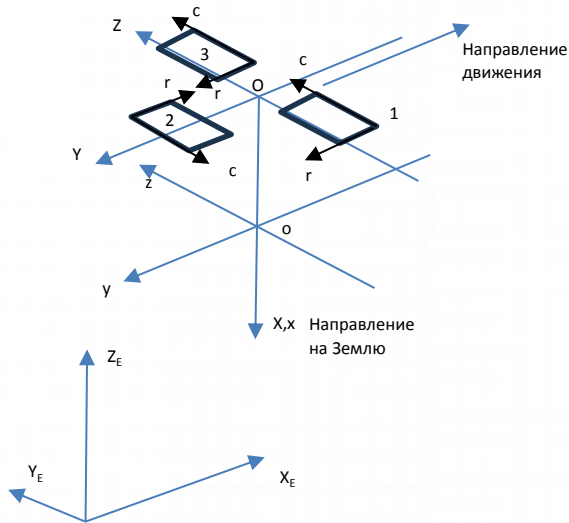
Схема формирования изображений МКА-ВР

0.0

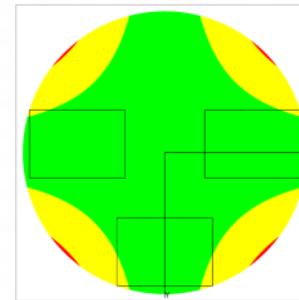


Исследование проблемных вопросов конструкции съёмочной системы

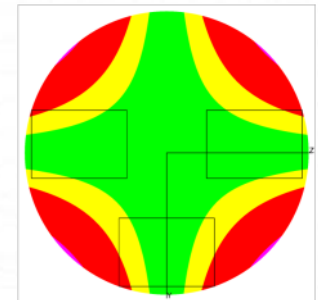
В съёмочной системе МКА-ВР для повышения времени экспозиции описана технология перемещения платформы матрицы по оси Y в фокальной плоскости. При этом заявленные параметры и характер дисторсии объектива допускают смаз по полю фокальной плоскости.



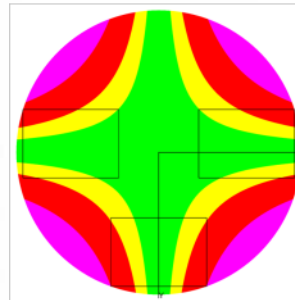
Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 0.0 мм



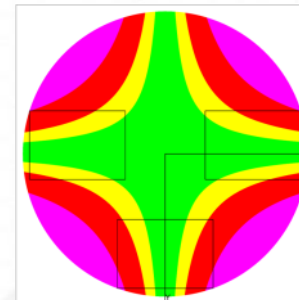
Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 0.4 мм



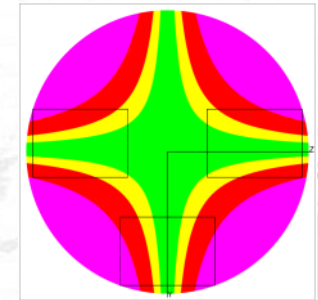
Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 0.8 мм



Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 1.2 мм



Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 1.6 мм



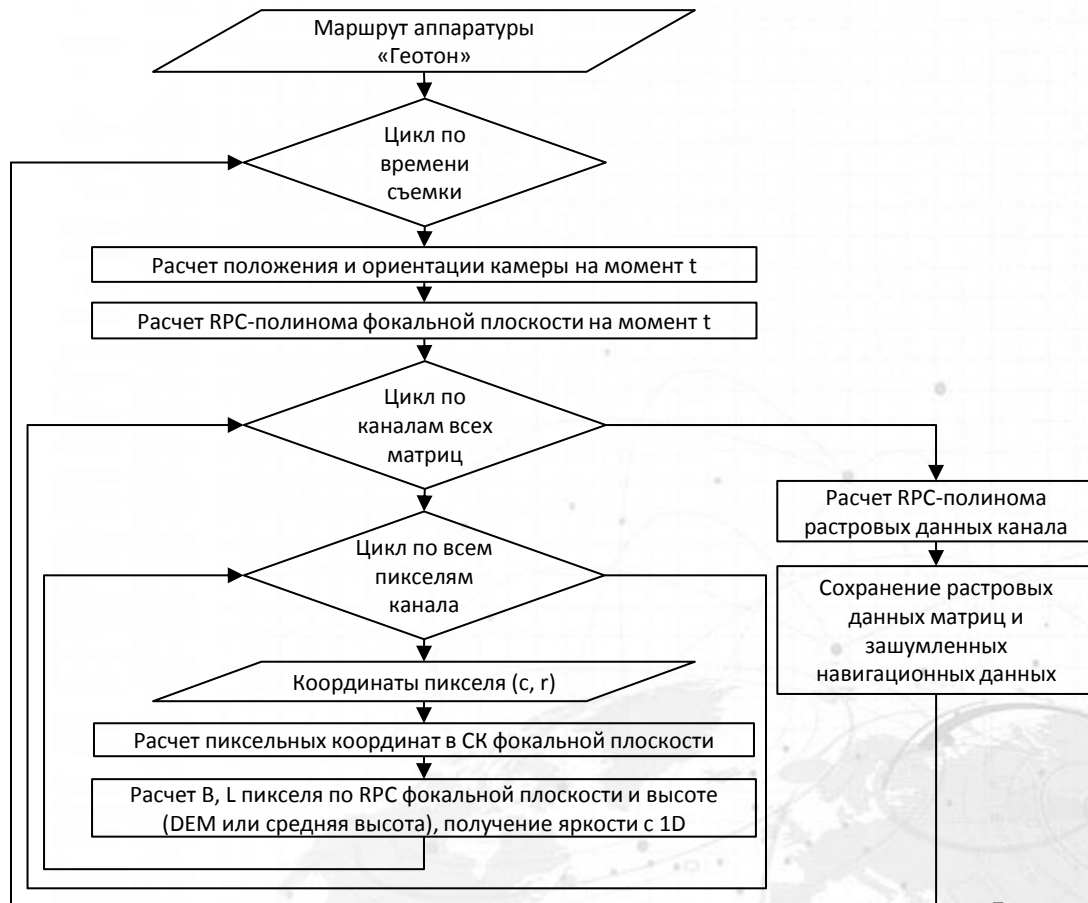
Смещения по оси Z при
смещении по оси Y на 2.0 мм

Диапазон смещения в пикселях	Цвет
От 0 до 0.5	Зеленый
От 0.5 до 1.0	Желтый
От 1.0 до 2.0	Красный
Более 2.0	Малиновый

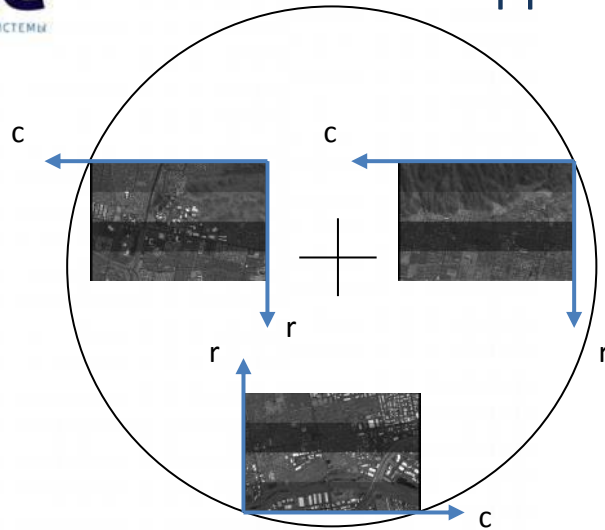
Алгоритм моделирования данных съемки

Исходные данные:

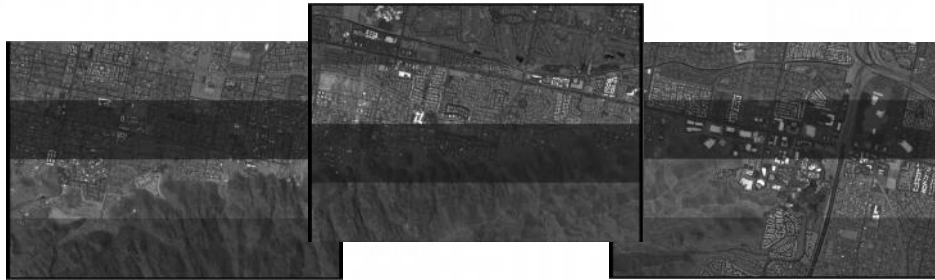
1. такт работы камеры в секундах;
2. начальное время;
3. конечное время;
4. модель линейного движения;
5. модель углового движения;
6. растровые данные с аппаратуры «Геотон», каналов PAN, R, G, B, NIR;
7. ЦМР или средняя высота территории интереса.



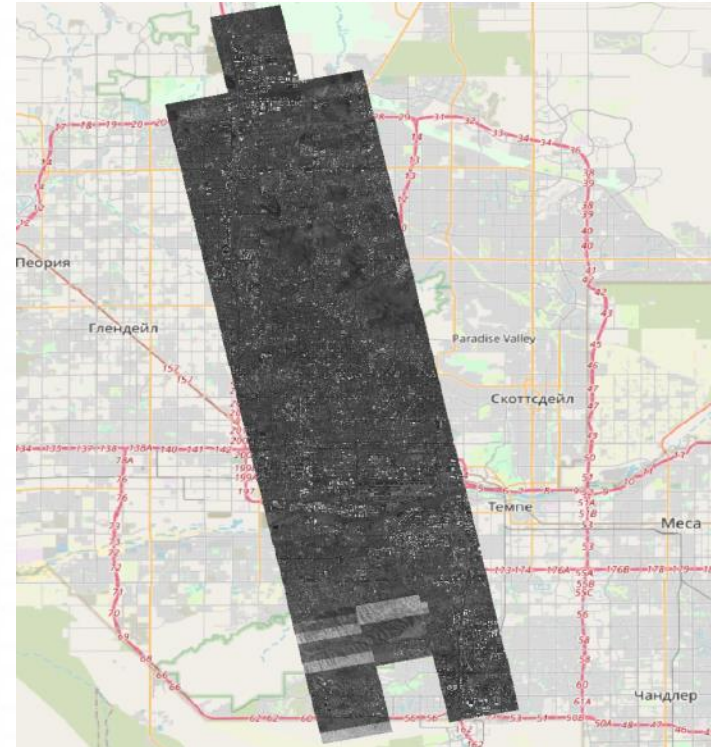
Моделирование данных съемки



Пример одного включения (Уровень L0)

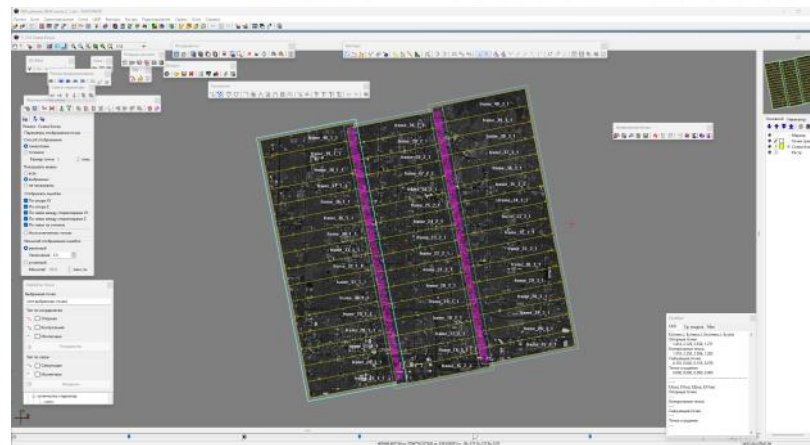
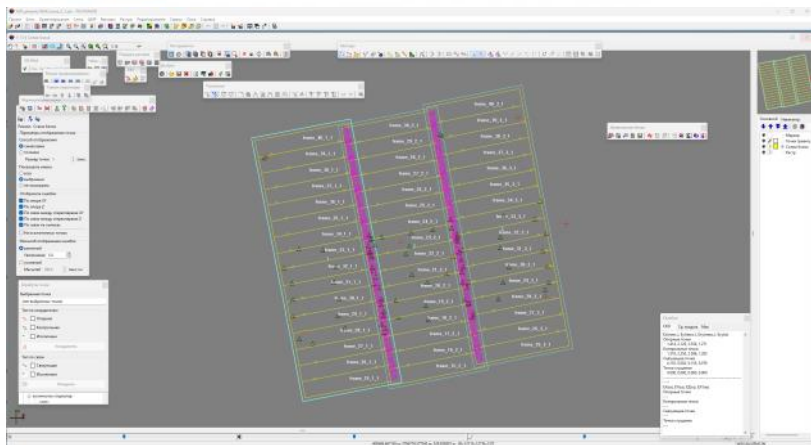


Пример полосы из матриц 1, 2, 3 (Уровень L0)



Пример маршрута (Уровень L1B)

Выбор подхода к фотограмметрической обработке



Метод уравнивания RPC + сдвиг (ПО Photomod 7)

Число опорных точек	5
Число контрольных точек	78
Число связующих точек	1590

Результаты уравнивания	x, pix	y, pix	xu, pix	xu, м
Ошибка на опорных точках	1,414	2,129	2,556	1,271
Ошибка на контрольных точках	1,319	2,250	2,586	1,283
Ошибка на связующих точках	0,155	0,002	0,155	0,076

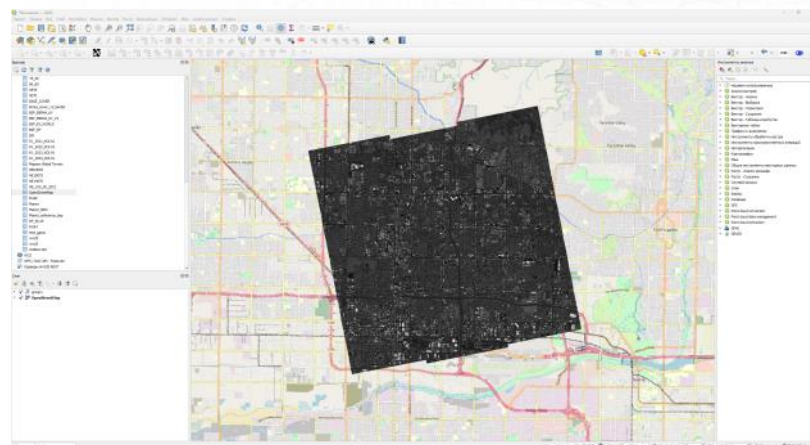


Схема технологии интерактивной обработки и оценки качества данных МКА-ВР

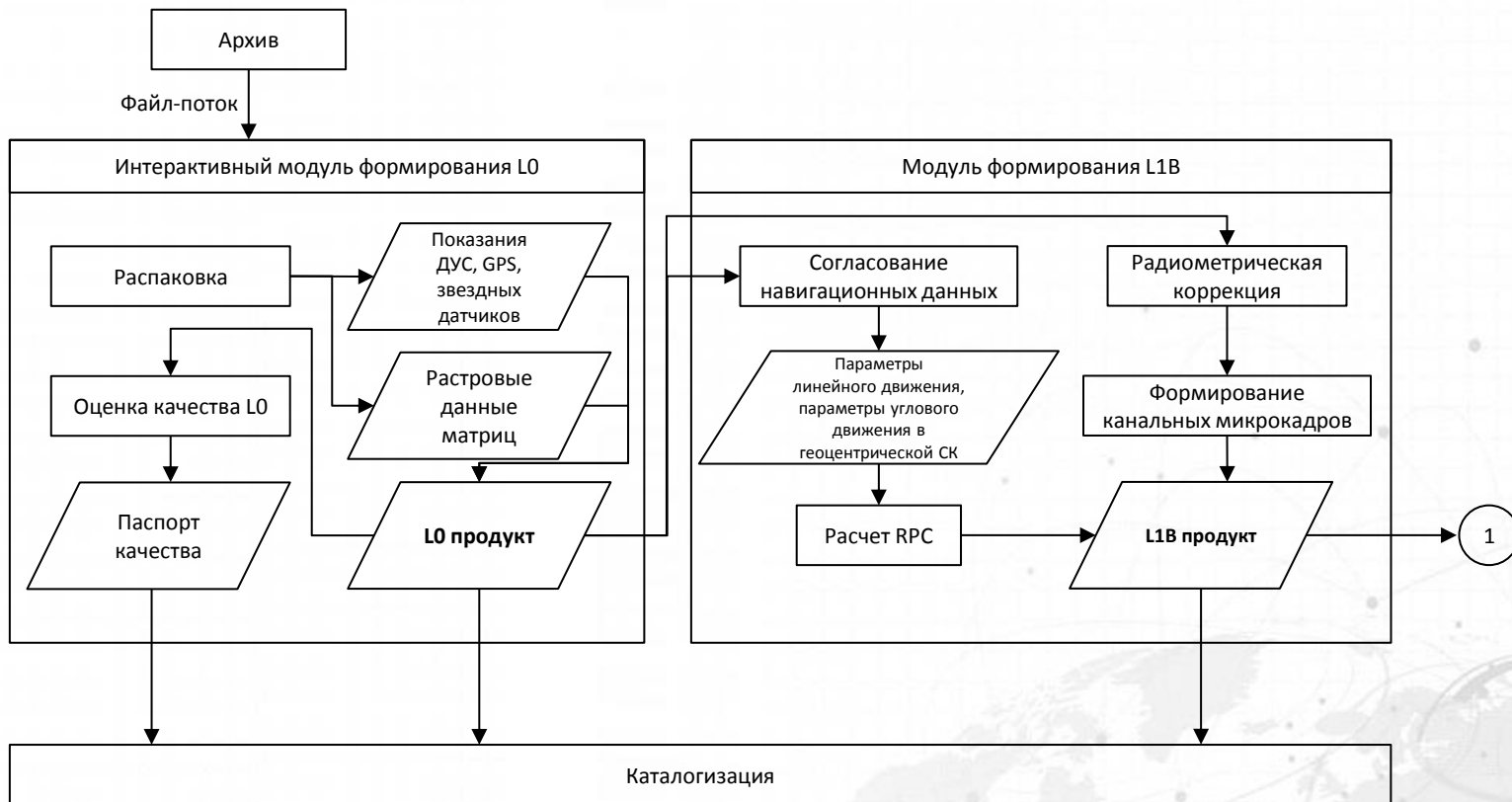


Схема технологии интерактивной обработки и оценки качества данных МКА-ВР

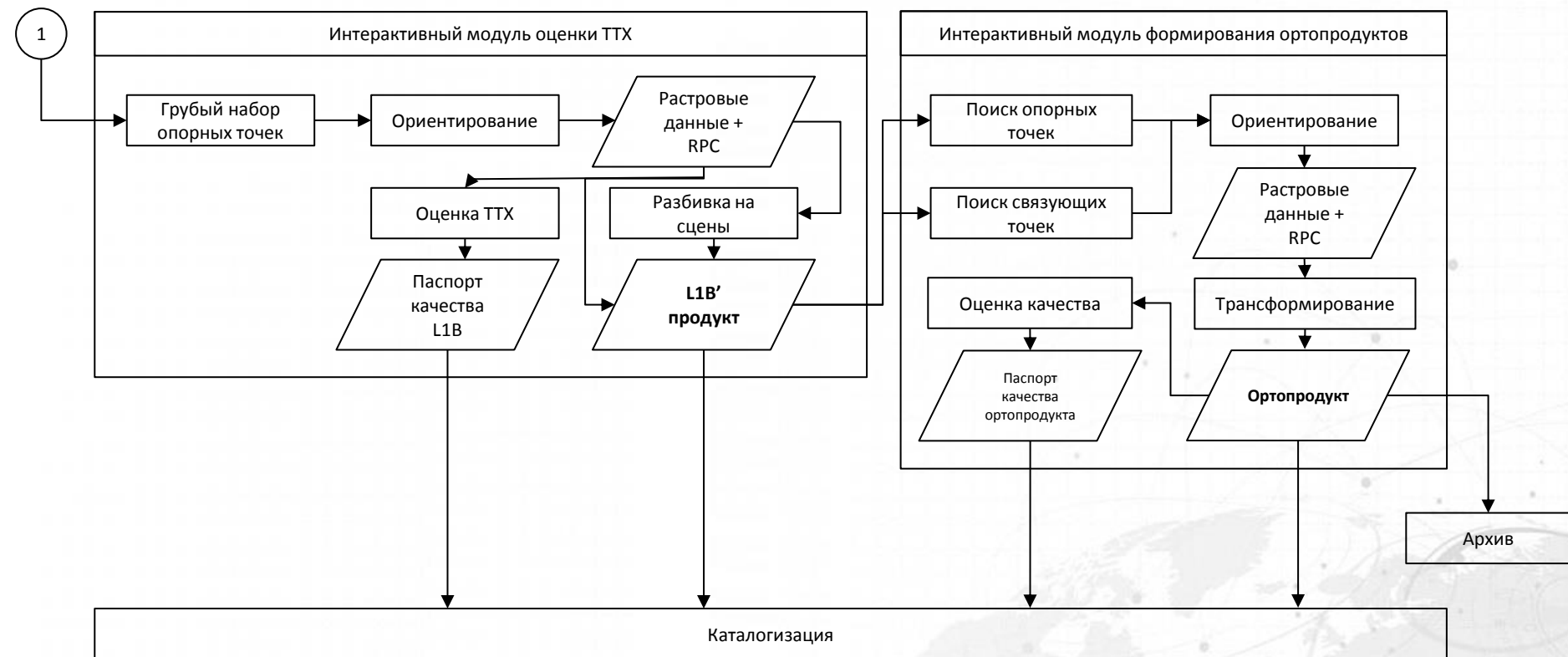
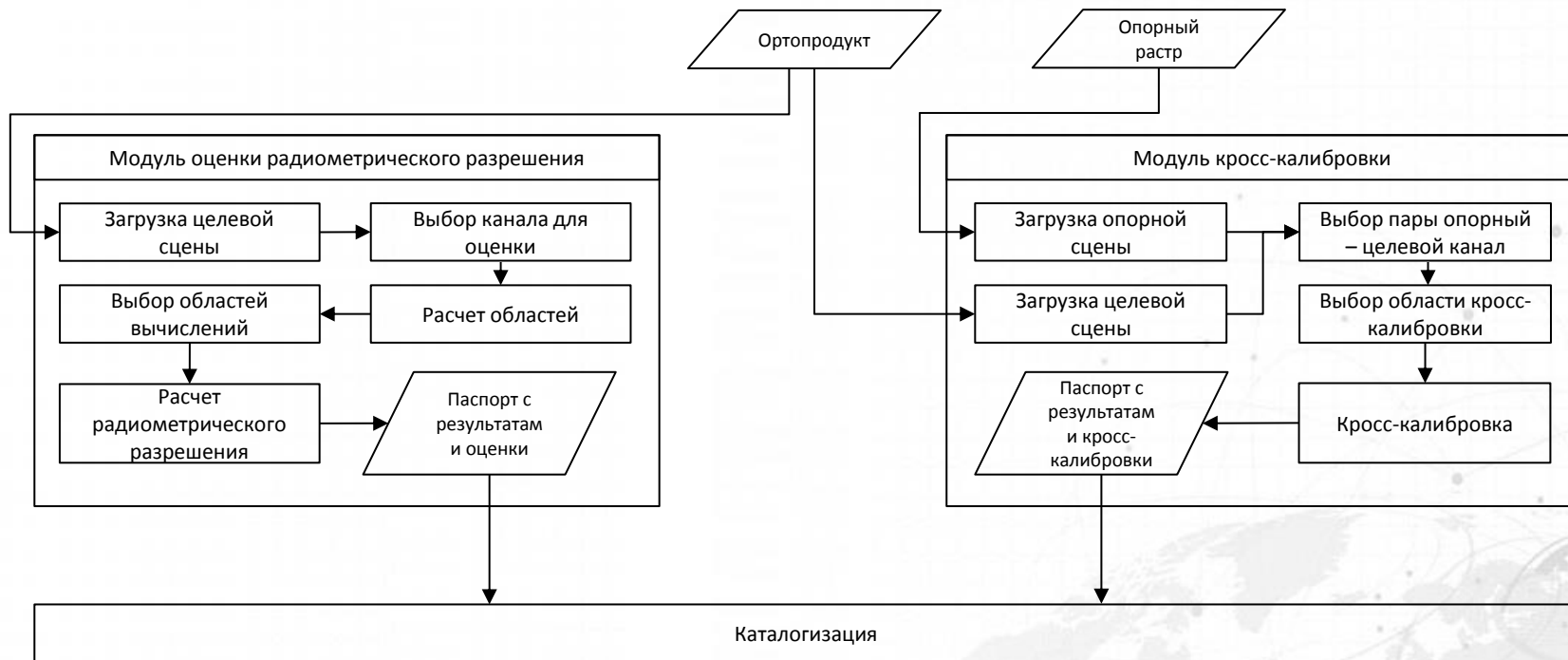


Схема технологии интерактивной обработки и оценки качества данных МКА-ВР

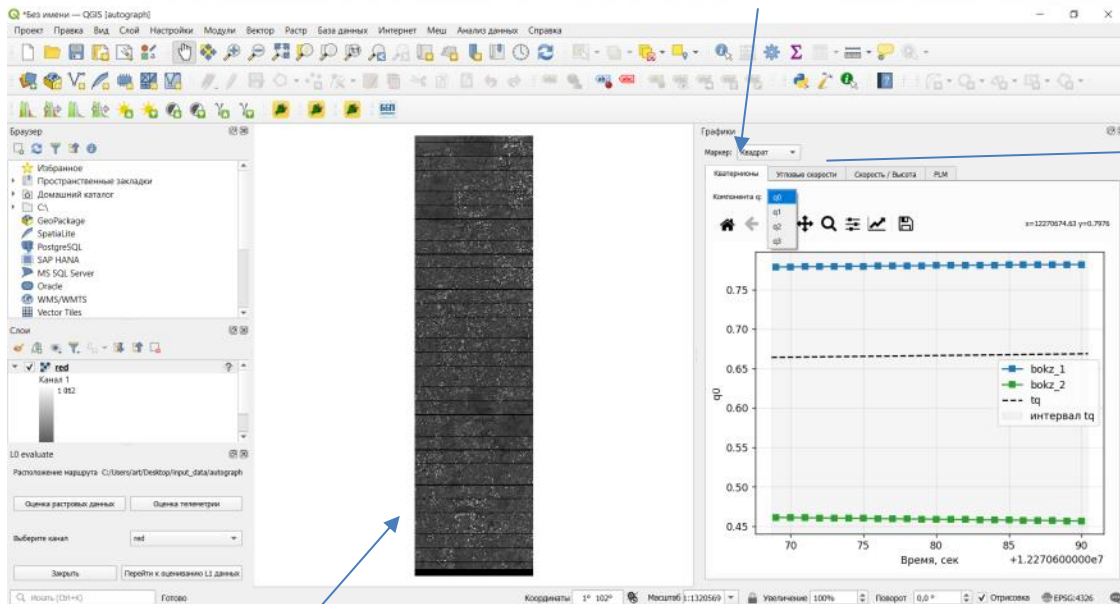
Также в схему интерактивной обработки входят модули кросс-калибровки и оценки радиометрического разрешения. Данные модули используются не для каждой сцены, а с определенной периодичностью, поэтому рассматриваются отдельно.



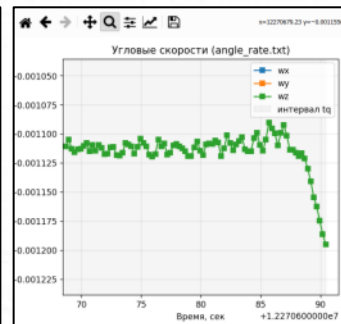
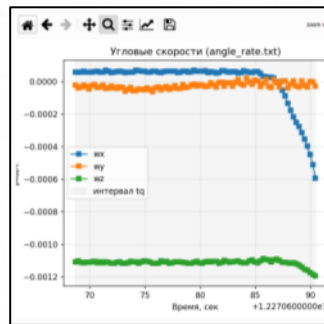
Модуль формирования и оценки L0

Все модули интерактивной схемы обработки данных МКА-ВР реализованы в виде плагинов ГИС QGIS. Данный модуль позволяет произвести распаковку, выполнить первичную оценку характеристик маршрута, а также визуализировать растровые данные.

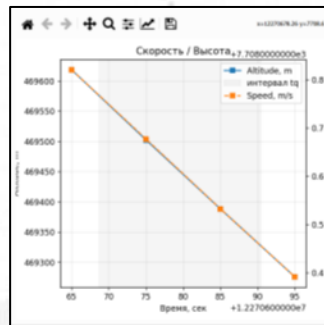
Телеметрия



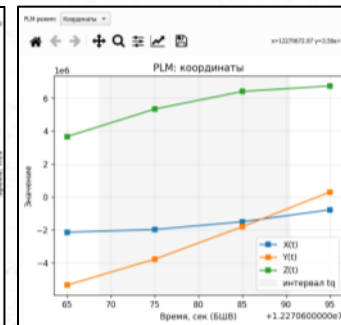
Покальная визуализация маршрута



Показания ДУС

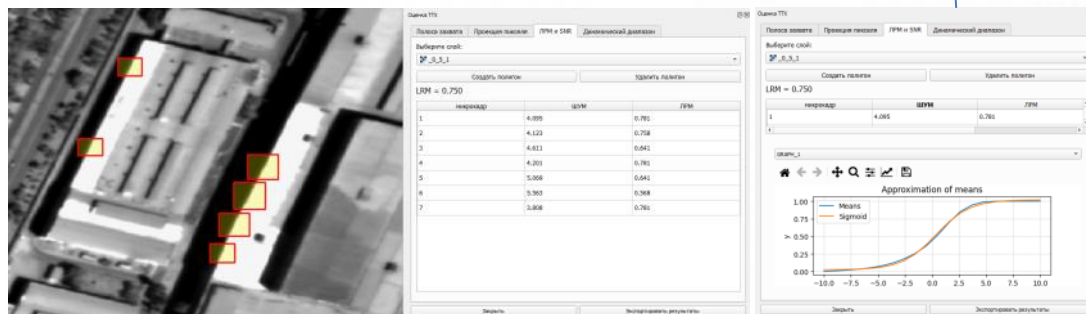
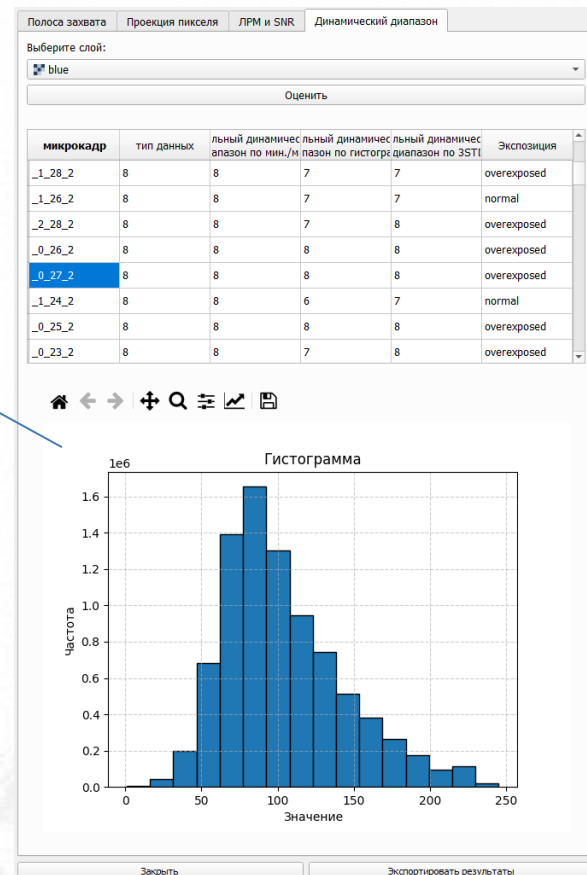
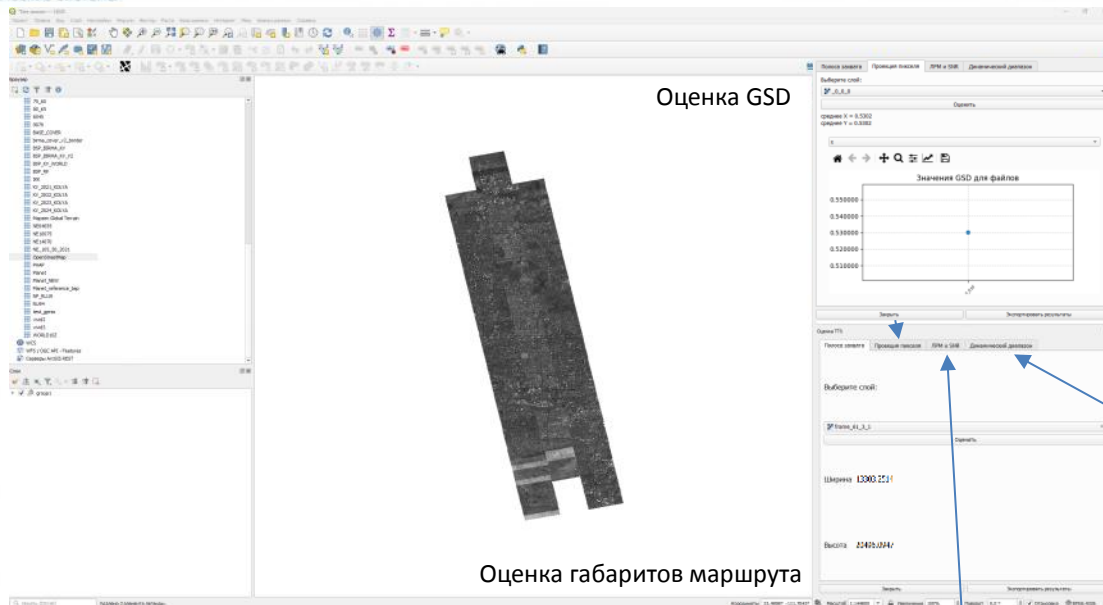


Скорость и высота



Параметры линейного движения

Модуль оценки качества L1B



Оценка экспонетрии

Модуль геодезического ориентирования

Предварительный монтаж маршрута

Выбор спектрального канала

Выбор опорного покрытия

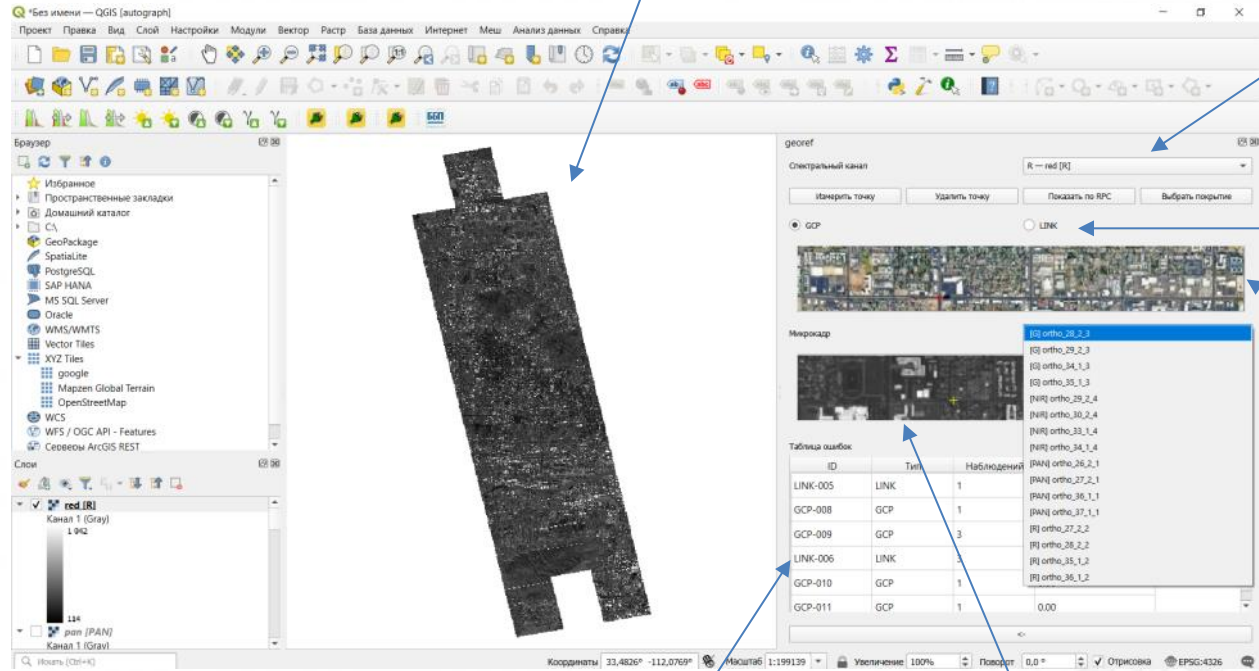
Выбор типа измеряемой точки

Опорное покрытие

Выбор изображения для измерения

Таблица измерений точек

Активное изображение



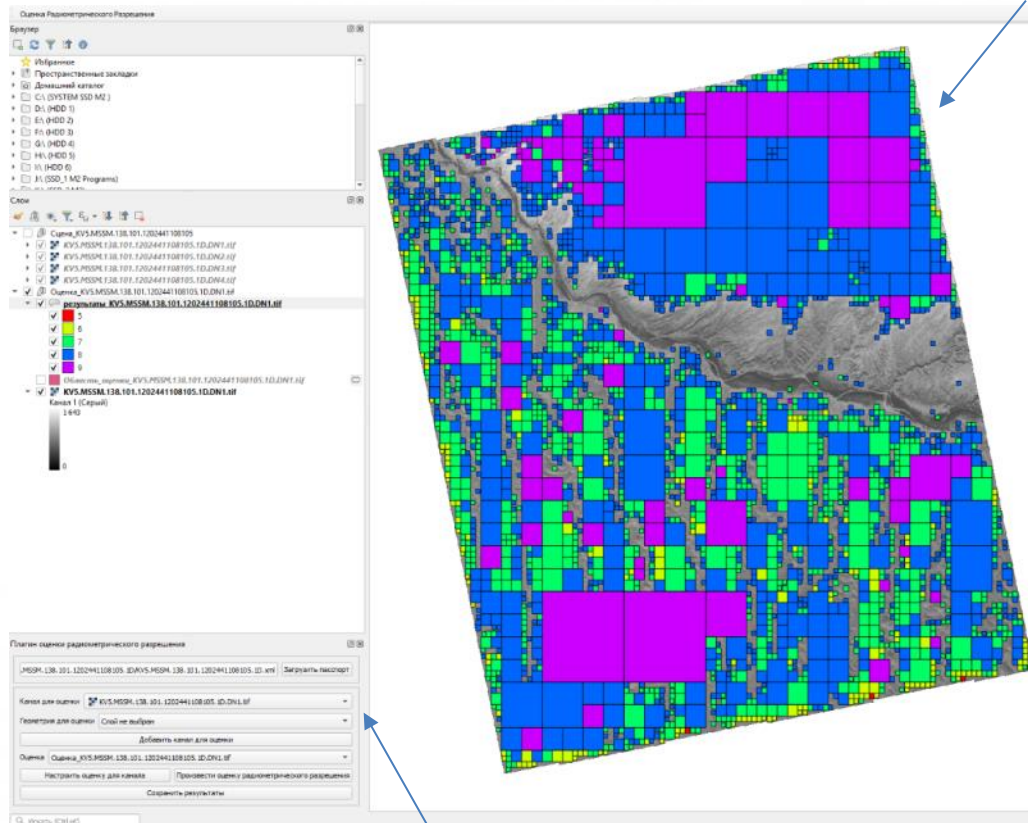
ID	Тип	Наблюдений
LINK-005	LINK	1
GCP-008	GCP	1
GCP-009	GCP	3
LINK-006	LINK	1
GCP-010	GCP	1
GCP-011	GCP	1

Список изображений:

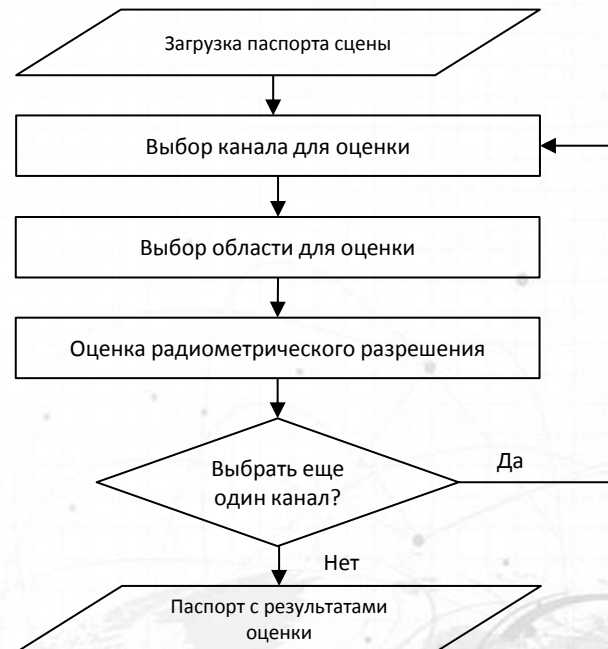
- [R] ortho_38_2_3
- [G] ortho_28_2_3
- [G] ortho_34_1_3
- [G] ortho_35_1_3
- [B] ortho_29_2_4
- [B] ortho_30_2_4
- [B] ortho_33_1_4
- [B] ortho_34_1_4
- [B] ortho_26_2_1
- [B] ortho_27_2_1
- [B] ortho_36_1_1
- [B] ortho_37_1_1
- [B] ortho_27_2_2
- [B] ortho_28_2_2
- [B] ortho_35_1_2
- [B] ortho_36_1_2

Модуль оценки радиометрического разрешения

Визуализация сцены и областей оценки

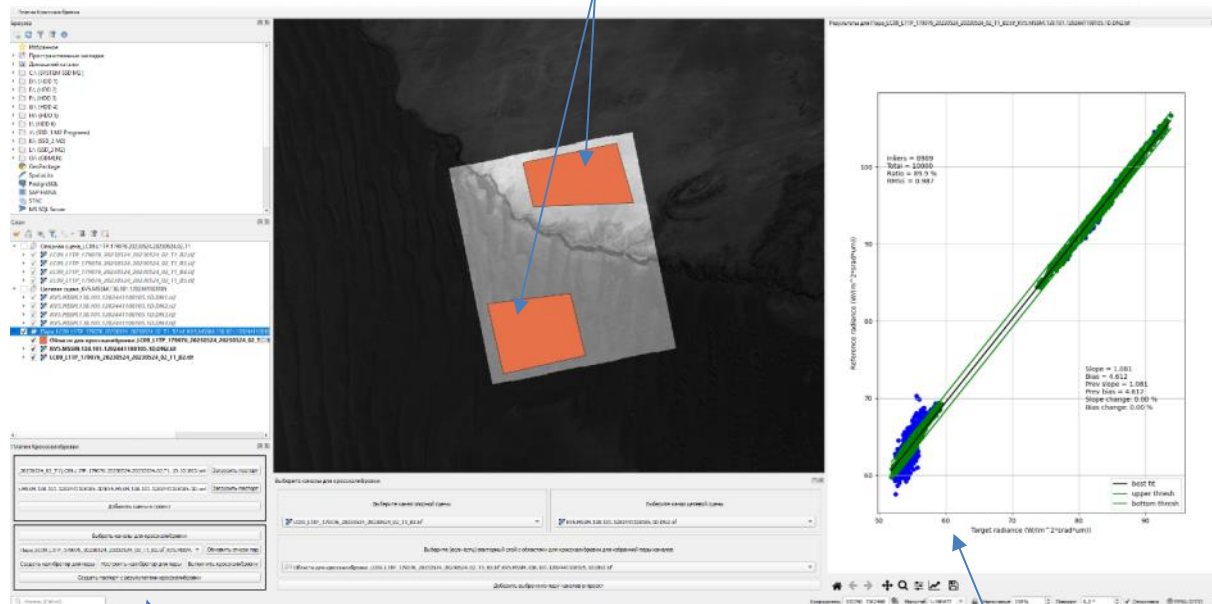


Выбор канала и области оценки



Модуль кросс-калибровки

Области для кросс-калибровки



Выбор опорной и целевой сцен

Выбор каналов опорной и целевой сцен

Скаттерограмма

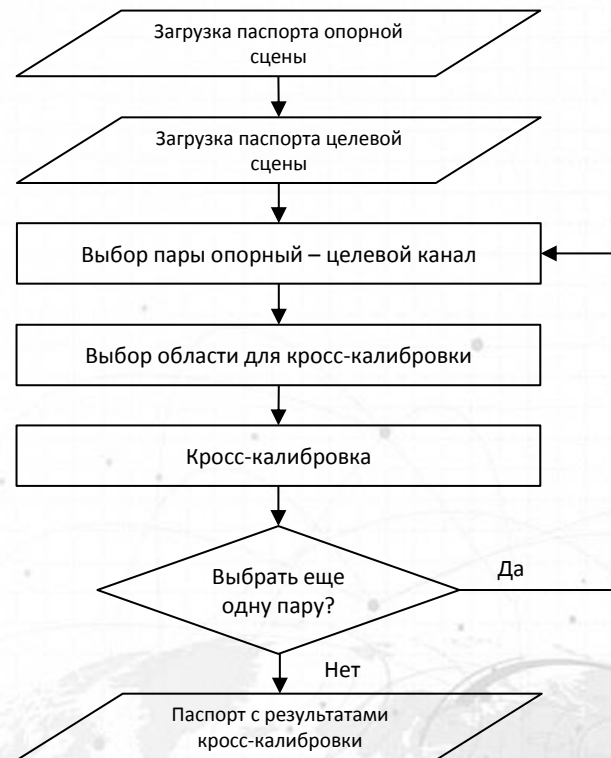
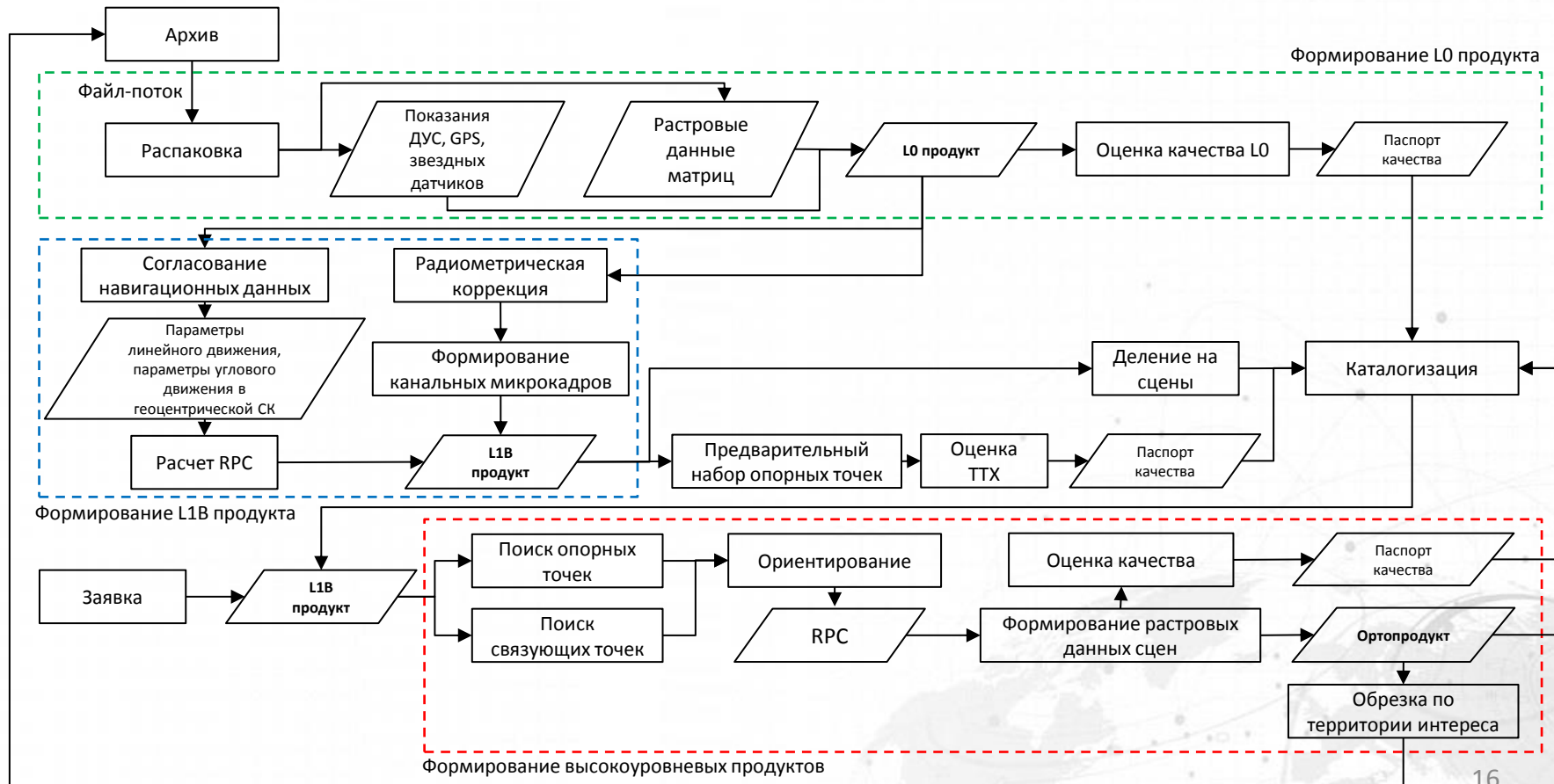
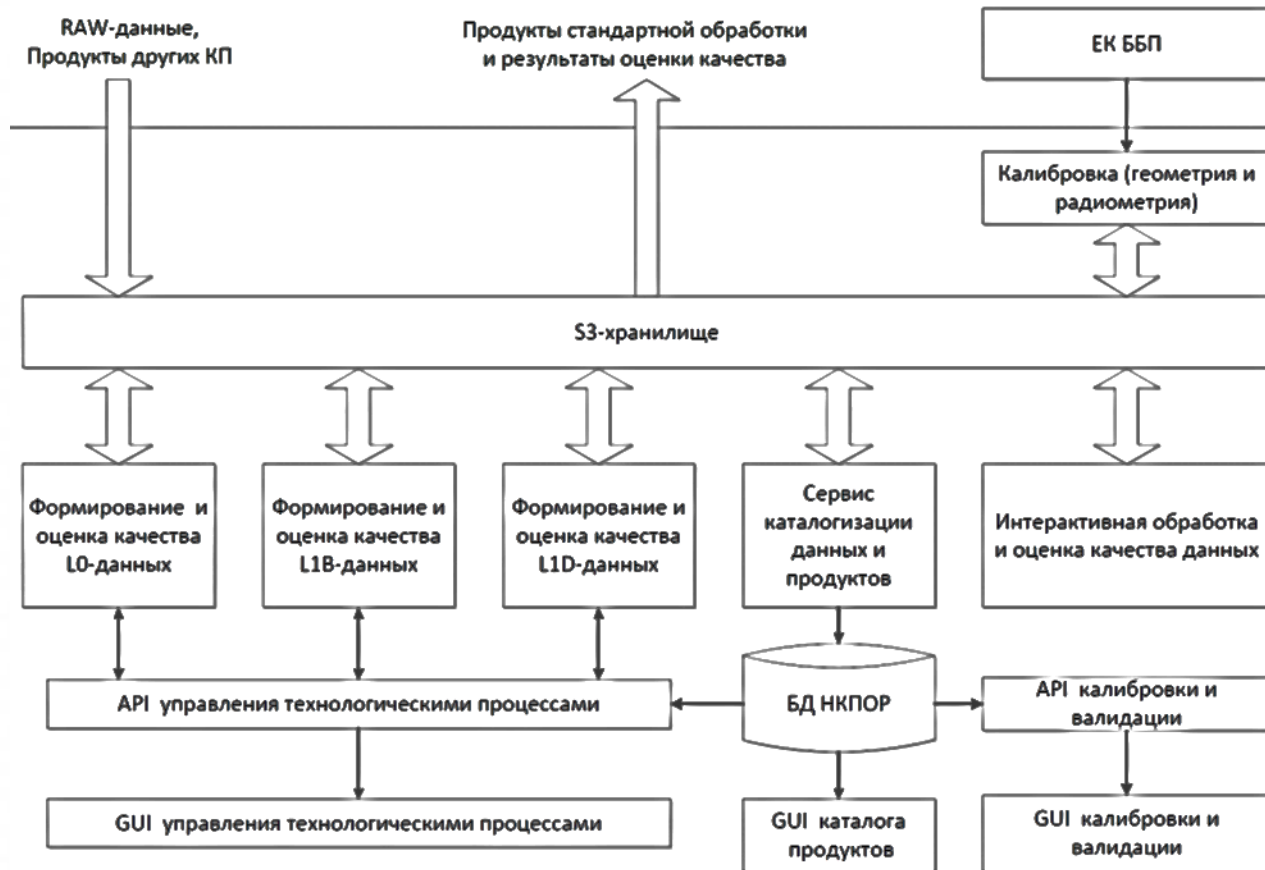


Схема технологии потоковой обработки и оценки качества данных МКА-ВР



Идеологическая схема портирования технологии на средства в КВР ЦОД



Основные результаты

- Разработан подход моделирования данных МКА-ВР с учетом специфики съемочной системы аппарата на основе данных космического аппарата «Ресурс-П» съемочной аппаратуры «Геотон»;
- На основе предварительных данных и результатах моделирования выявлены возможные проблемы съемочной системы;
- Разработаны схемы технологий стандартной интерактивной и автоматической обработки данных МКА-ВР соответствующих уровням:
 1. Распаковка данных сброса, анализ качества навигационных и растровых данных (уровень L0);
 2. Формирование канальных микрокадров, радиометрическая коррекция, расчет RPC (уровень L1B);
 3. Формирование трансформированных в картографическую проекцию изображений сцен съемки на основе множества микрокадров маршрута с учетом высоты местности (средняя высота, ЦМР).
- Реализованы алгоритмы интерактивной и автоматической оценки качества различных уровней обработки.

Спасибо за внимание!

