

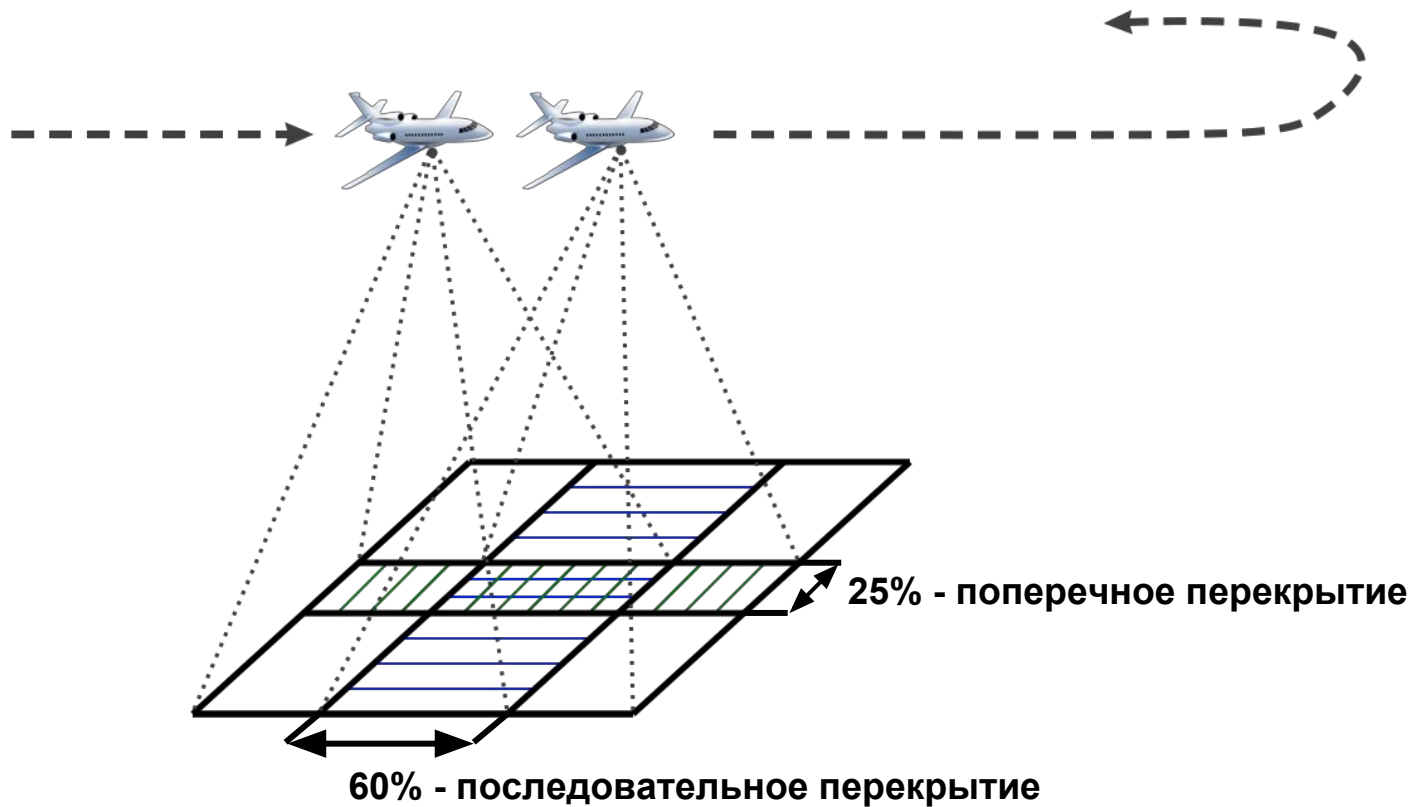
# Восстановление 3D модели ландшафта для восстановления точного ортофотоплана по фотографиям с БПЛА

Полярный Николай,  
группа М3439,  
руководитель Ковалев А. С.

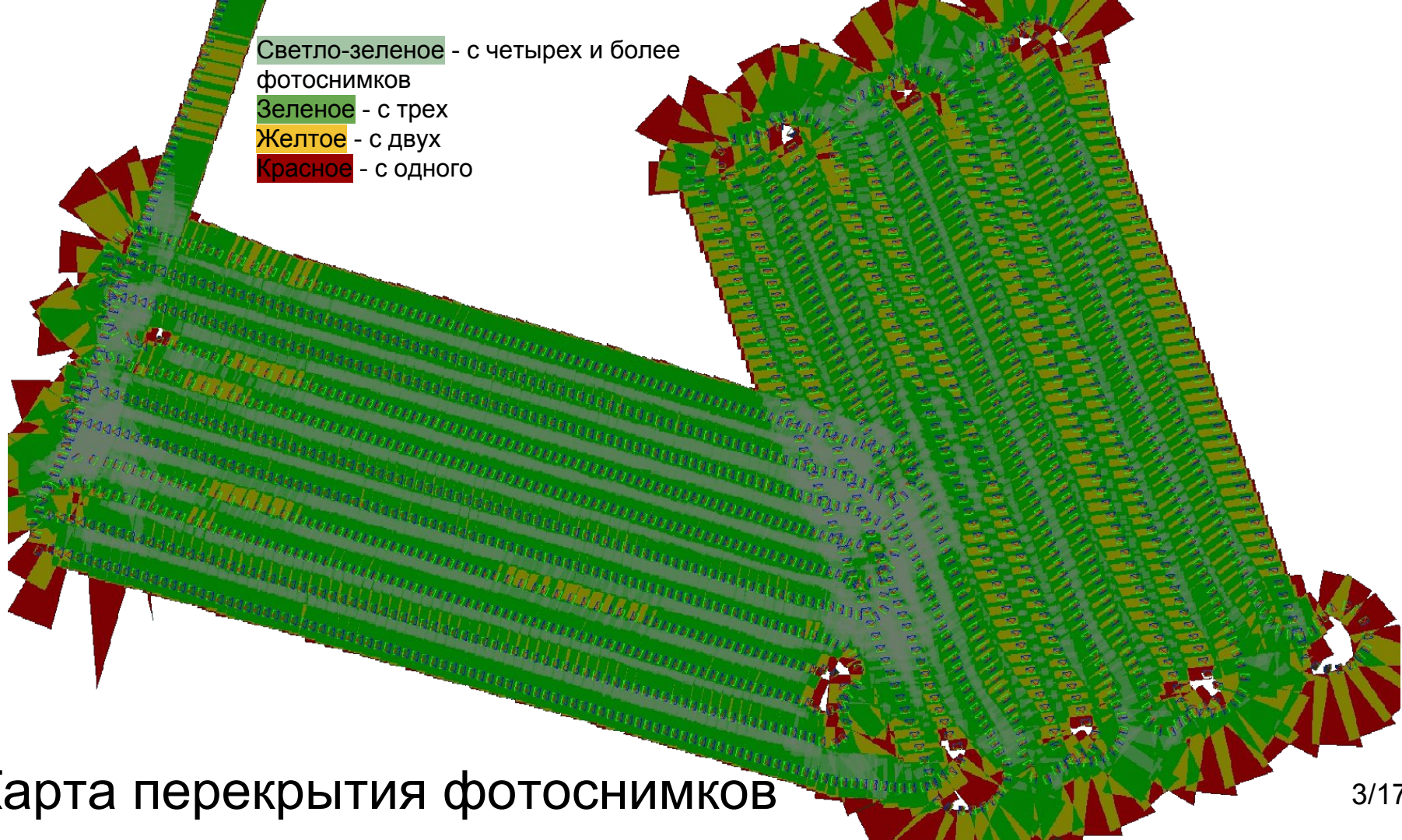
# Цели работы

- Разработка всех шагов восстановления 3D ландшафта по фотографиям
- Реализация в виде отказоустойчивого сервера
- Интеграция с остальными компонентами наземного пункта управления:
  - Клиентское толстое GUI-приложение
  - Сервер хранения фотоснимков
  - Радиомодуль, транслирующий данные с БПЛА в реальном времени
- Проведение тестовых испытаний

# Входные данные

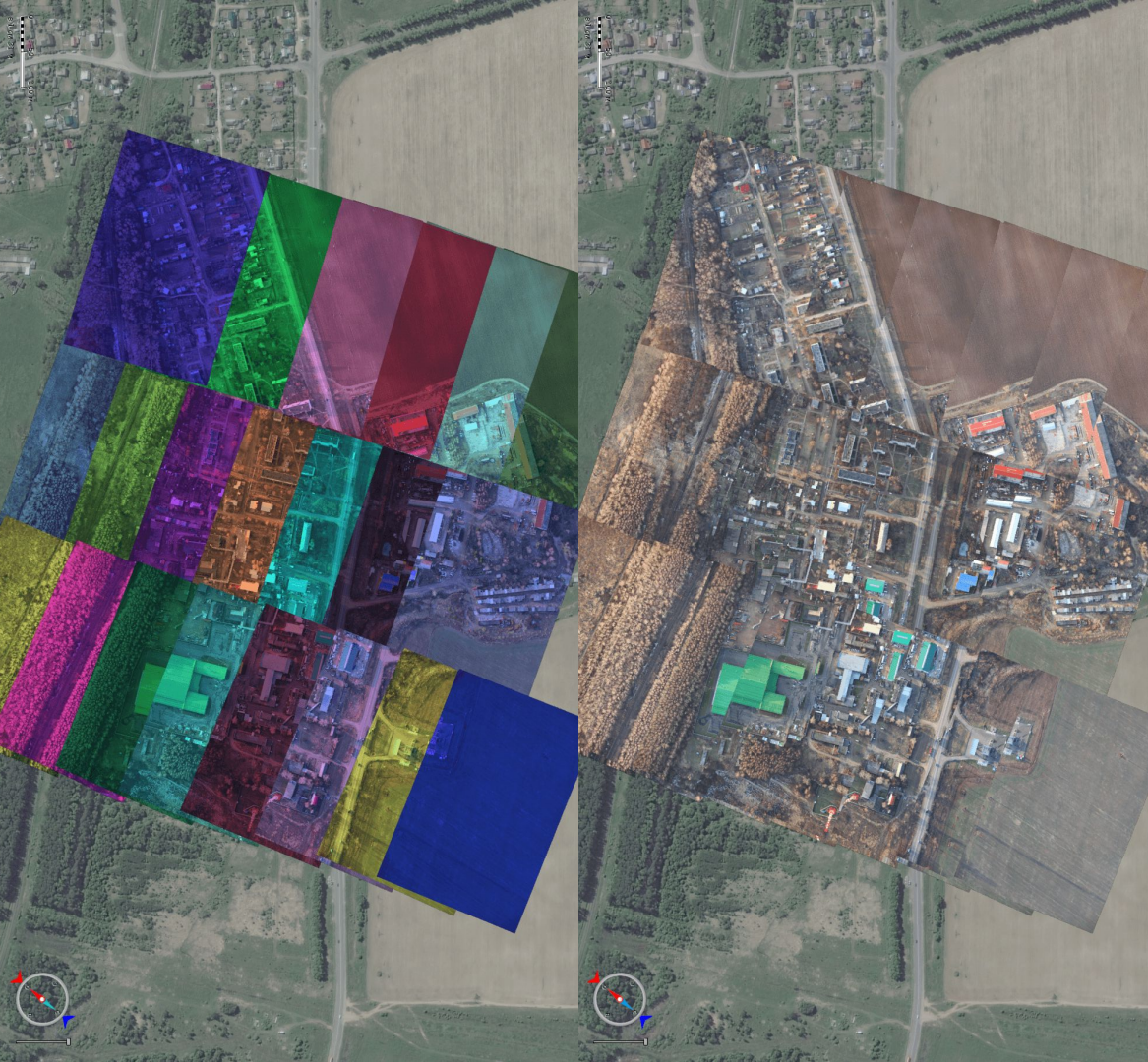


Светло-зеленое - с четырех и более  
фотоснимков  
Зеленое - с трех  
Желтое - с двух  
Красное - с одного



Карта перекрытия фотоснимков





## Входные данные.

Ошибки направлений камер  
более 20 градусов.

Разными цветами отображены  
разные кадры.





## После обработки.

Все кадры взаимно сопоставлены, хорошее сопоставление со спутниковым снимком.

Разными цветами отображены разные кадры.

# Необходимость создания сервера

- Требовался как часть комплекса наземного пункта управления БПЛА
- Анализ текущей ситуации в регионе пролета БПЛА (в реальном времени)
- Анализ, надежное хранение и просмотр ранее совершенных пролетов
- Процесс обработки должен быть автоматизирован
- Аналоги:
  - готового аналога на российском вооружении не состоит
  - существующие аналоги с гражданского рынка (**Agisoft Photoscan, Pix4D и другие**):
    - не решают некоторых специфичных задач
    - проприетарность, сложность интеграции и расширения
    - не полностью автоматические, сложный интерфейс
    - не проходили сертификацию
    - дорогие

# Требования к алгоритму

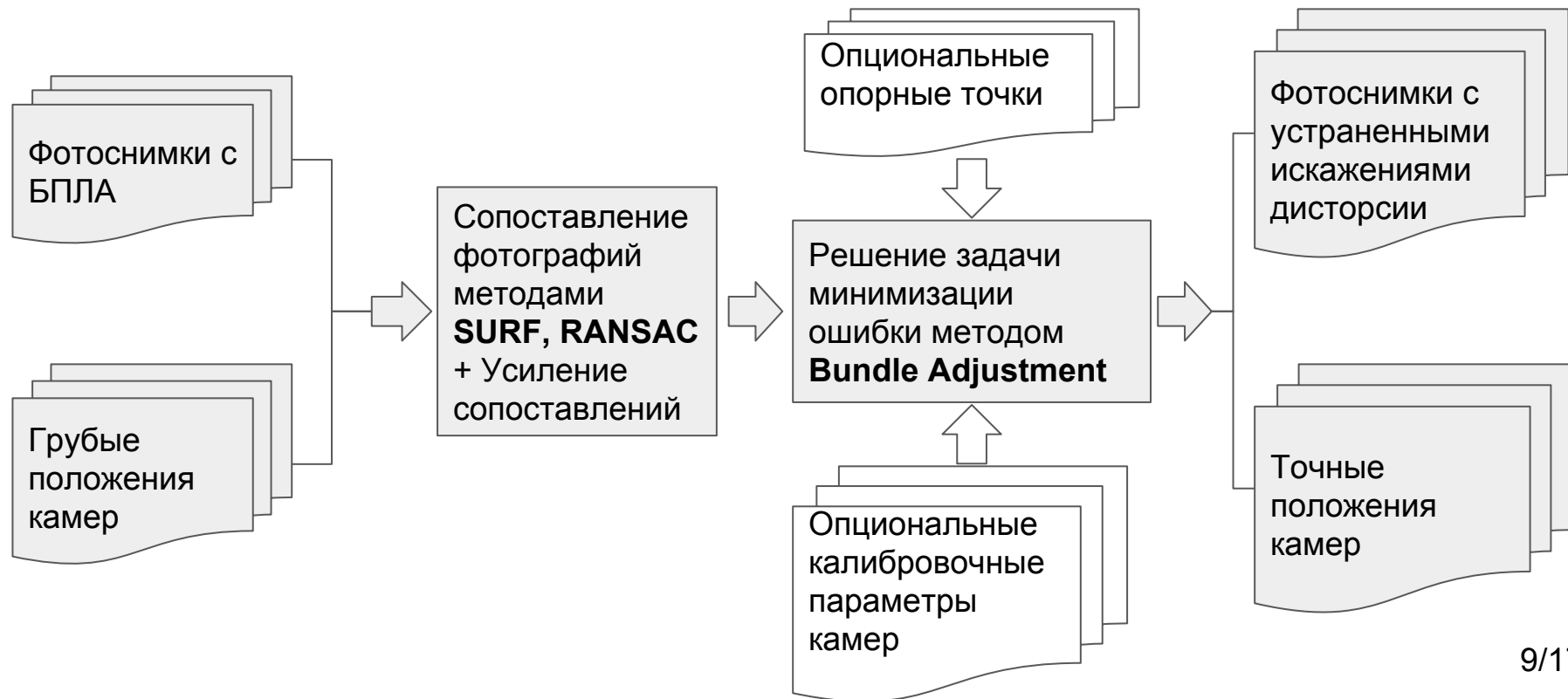
- Устойчивость к существенным ошибкам телеметрии:
  - GPS положение с ошибками в сотни метров
  - ориентация фотокамеры с ошибкой в десятки градусов
- Возможность предпросмотра в реальном времени
- Восстановление 3D ландшафта
- Масштабируемость до десятков квадратных километров и тысяч фотоснимков
- Получение ортофотоплана
- Привязка ортофотоплана опорными точками
- Многокурсность по региону интереса



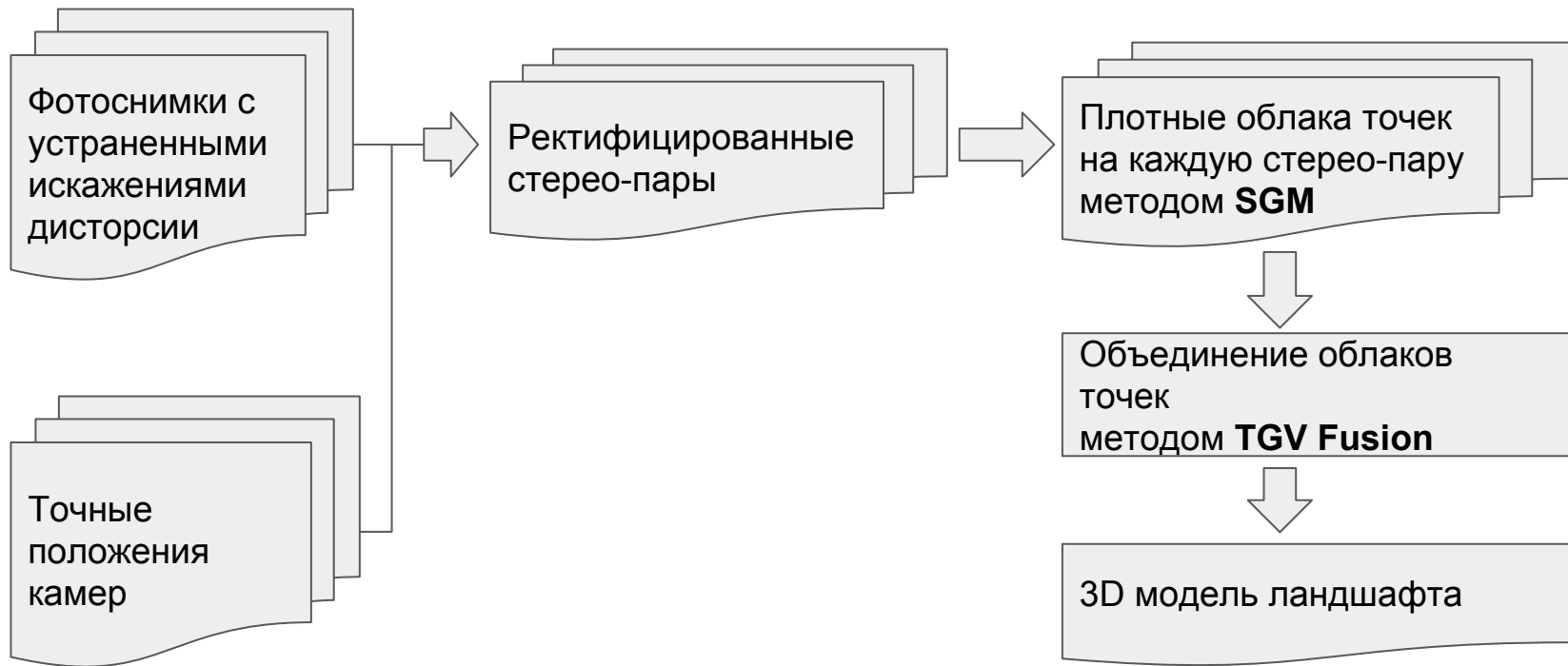
# Требования к серверной реализации

- Отказоустойчивость
  - в случае внезапного перезапуска сервера
  - в случае потери соединения с одним из других компонент системы НПУ
- Низкие задержки в случае предпросмотра данных с летящего БПЛА
- WMTS сервис (расширенный с учетом изменчивости данных)
- Накопление множества слоев (ограничено лишь хранилищем)

# Общий алгоритм уточнения положения камер



# Общий алгоритм восстановления 3D ландшафта



# Особенности реализации

- Придумана идея быстро генерировать грубую модель путем минимизации полной вариации
- Было придумано улучшить результат SURF-сопоставления ключевых точек (был применен методом оптического потока)
- Масштабируемость путем подразбиения задач на области (обработка по квадратным подрегионам)
- Узкие места реализованы на видеокарте - OpenCL
- Отказоустойчивость достигается атомарным сохранением состояния: без риска оставить состояние в несогласованном виде при внезапном выключении



# Полученная точность

**Точность в горизонтальной плоскости:** без дополнительной информации ошибки входных данных (координат камер) устранить невозможно. Поэтому пользователь имеет возможность указать опорные точки с эталонными координатами.

**Точность высот:** проведение тестов на множестве наборов данных показало, что точность высот достаточна для генерации ортофотоплана.

**Точность репроекции ключевых точек после оптимизации:** эквивалентна точности выделения ключевых точек методом SURF (субпиксельная).

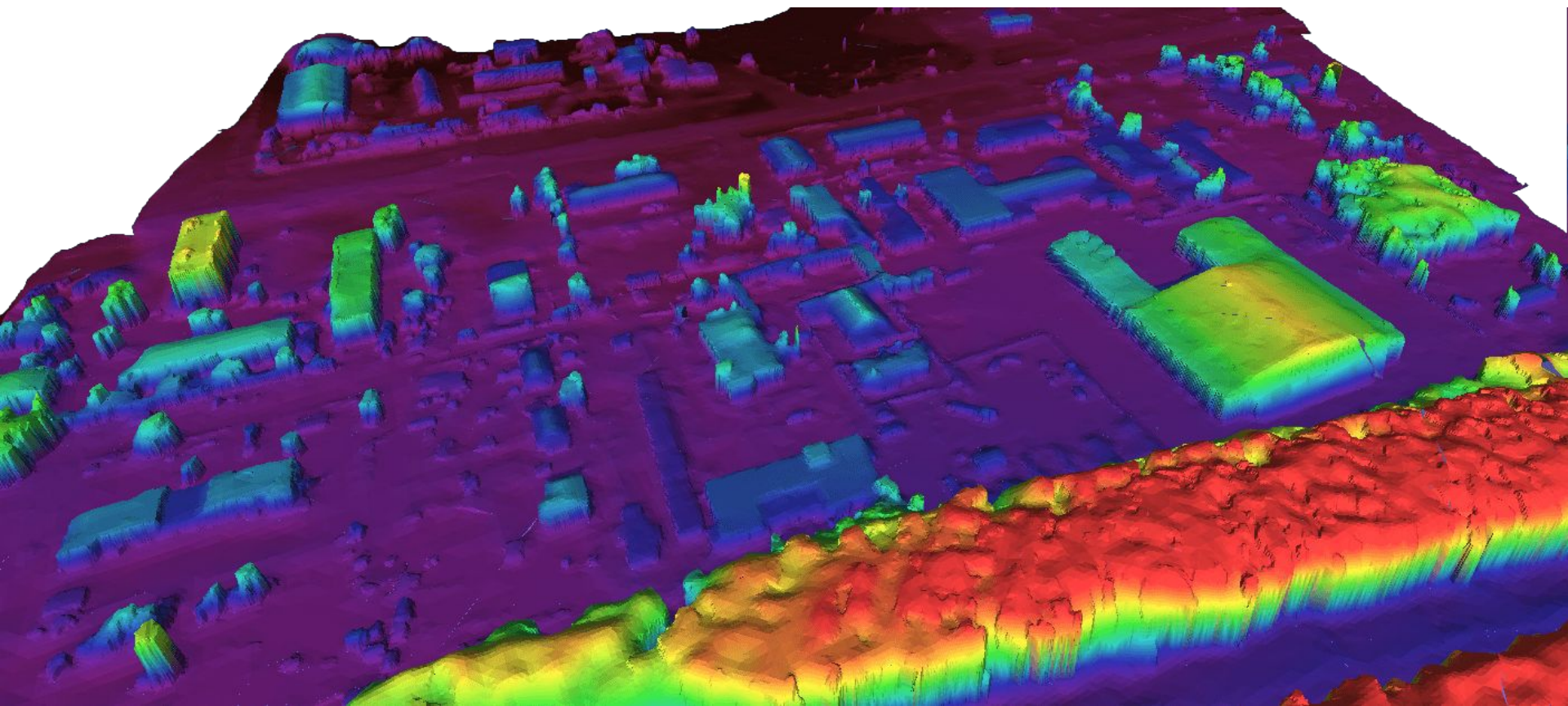
# Результаты

- Все шаги обработки были разработаны
- Реализован масштабируемый и отказоустойчивый сервер
- Сервер интегрирован с остальными компонентами комплекса
- Проведено тестирование на множестве реальных данных:
  - тысячи фотографий на пролет
  - разрешения фотоснимков достигают 50 мегапикселей
  - пролеты покрывают десятки квадратных километров
- Сервер успешно внедрен в СЧ ОКР “Орион-НПО”

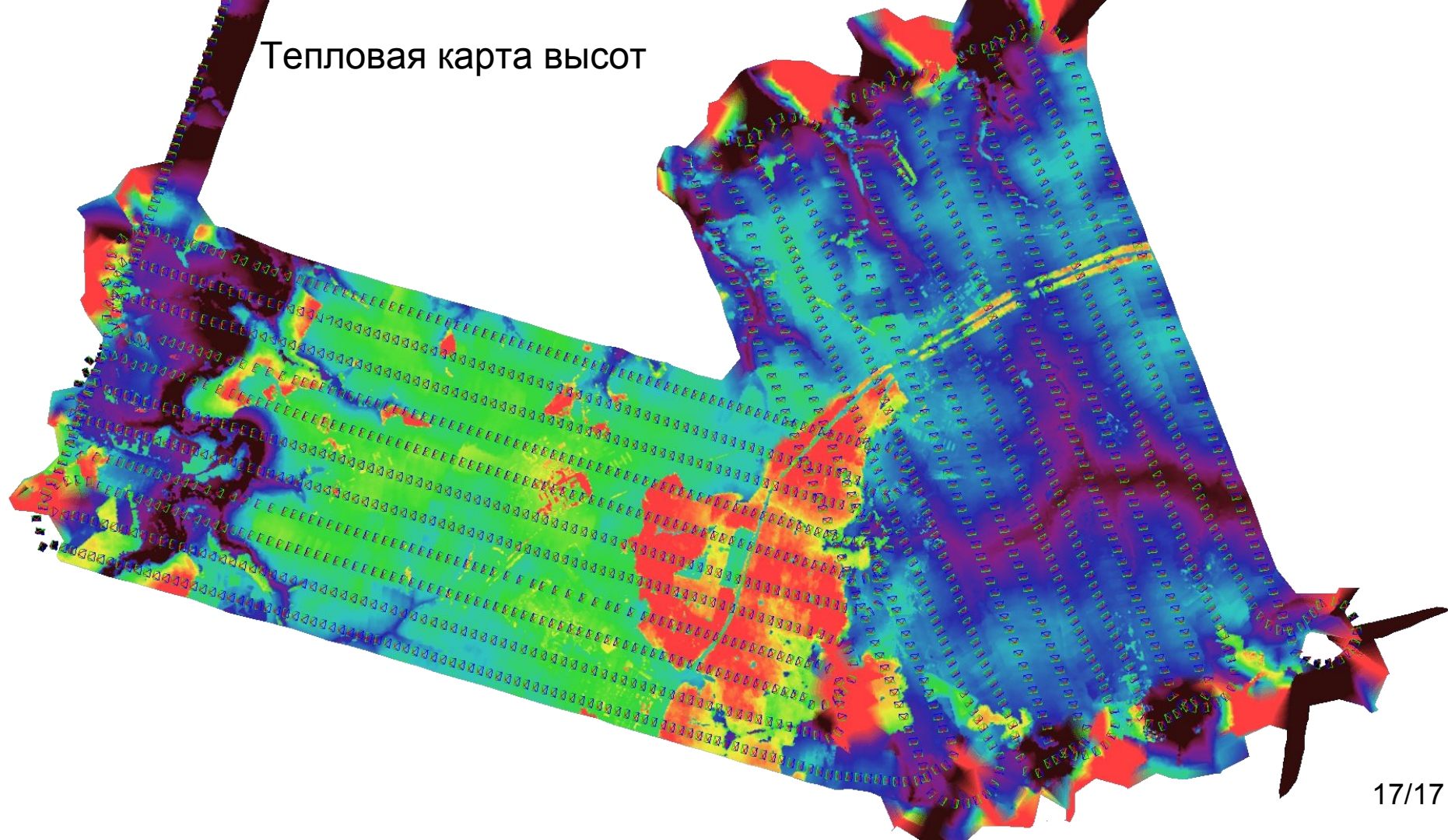
Примеры 3D модели ландшафта.







# Тепловая карта высот



**Спасибо за внимание!**