

# Современное состояние и тенденции радиолокационной съемки из космоса. Возможности ПО PHOTOMOD Radar



Коммерческий директор

Чекурин Александр  
Дмитриевич

---

Совместная Международная научно-техническая конференция

«ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки»

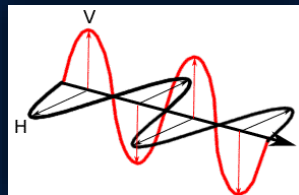
6-9 сентября, 2021 | Иркутск, Россия

# Особенности радиолокационной съемки

Проекция  
наклонной дальности

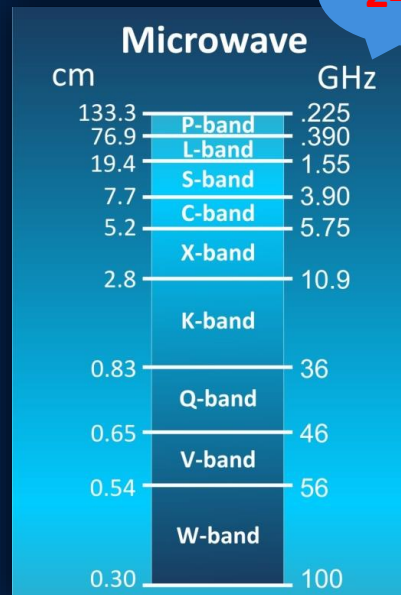


Одна или несколько  
поляризаций



HH HV VH  
VV

Один или несколько  
частотных каналов

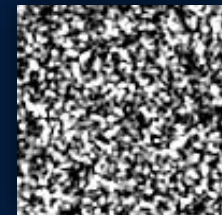


24/7

Амплитуда и  
фаза сигнала

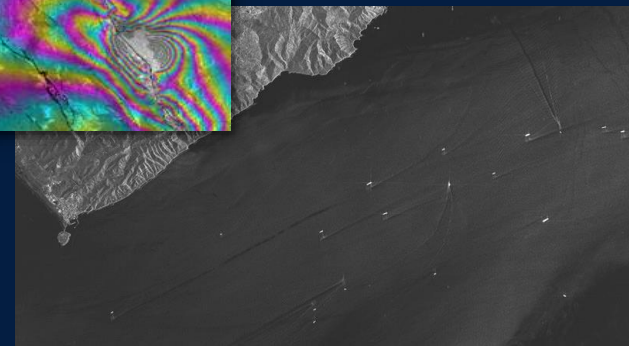
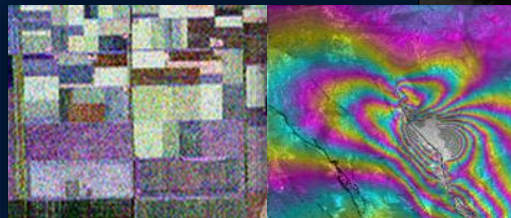
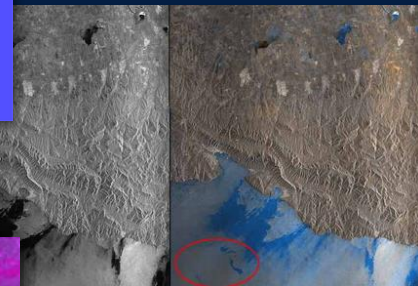
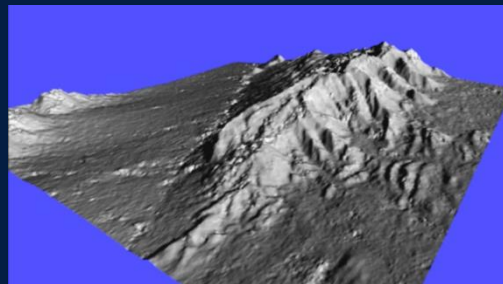
A F

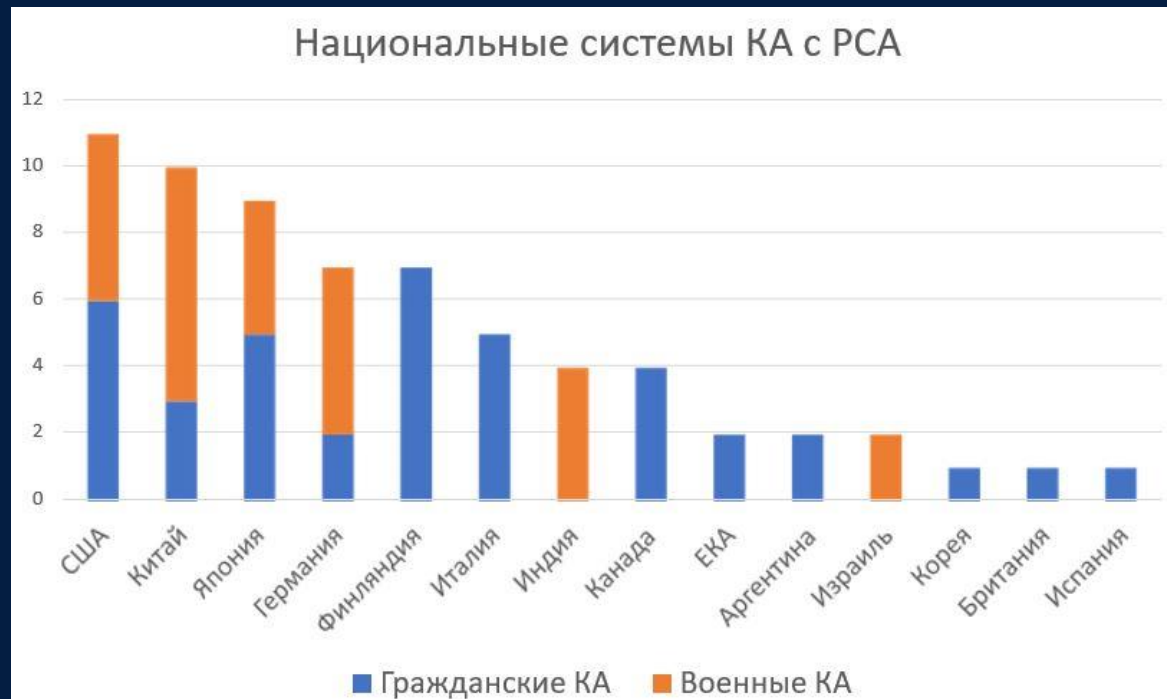
Наличие  
спекл-шума



## Области применения данных РСА :

- Контроль за чрезвычайными ситуациями
- Мониторинг инфраструктуры
- Обнаружение нефтяных пятен
- Обнаружение кораблей
- Контроль ледовой обстановки
- Сельское хозяйство
- Создание ЦМР
- Картография
- И многое другое...

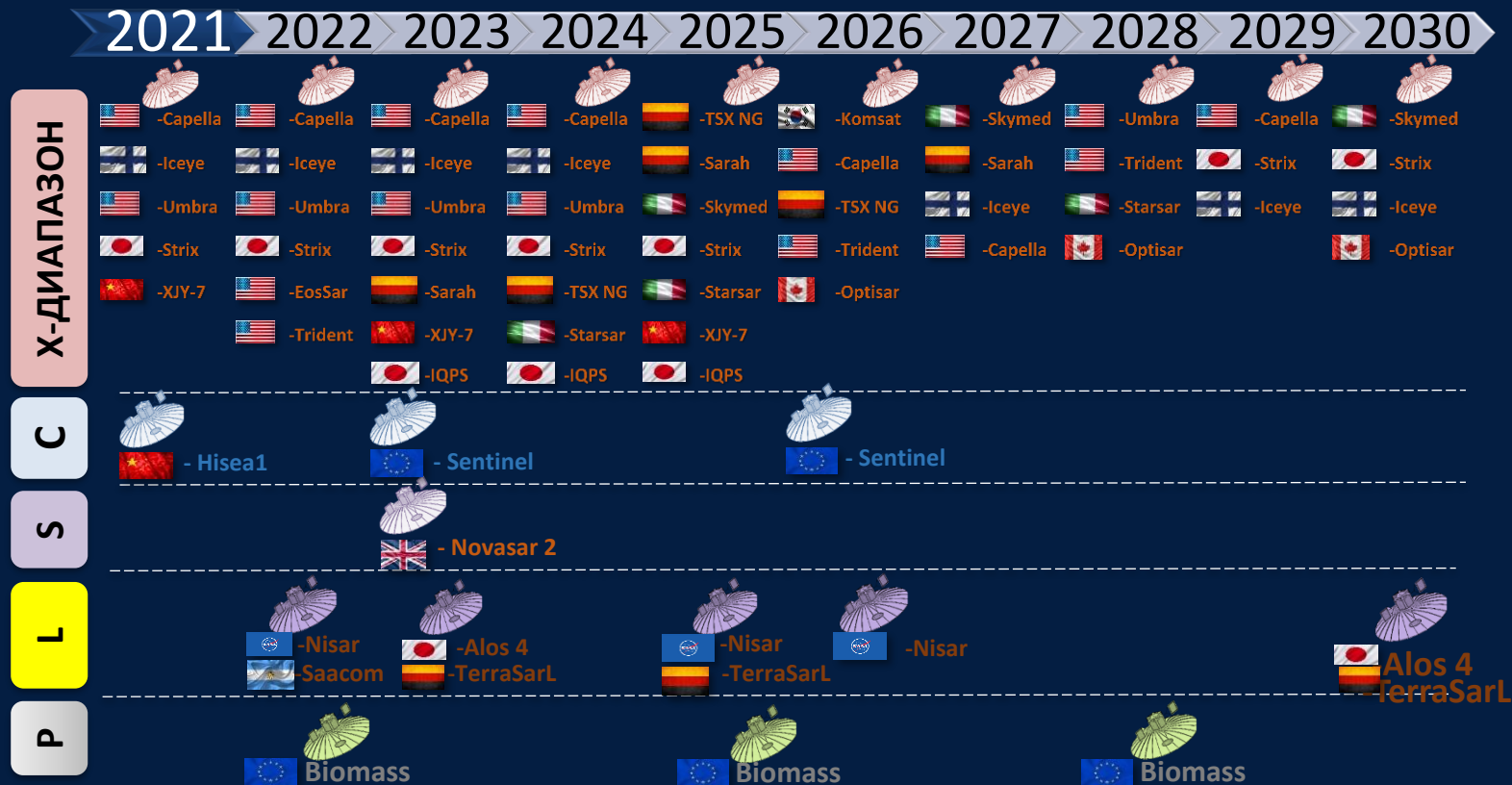


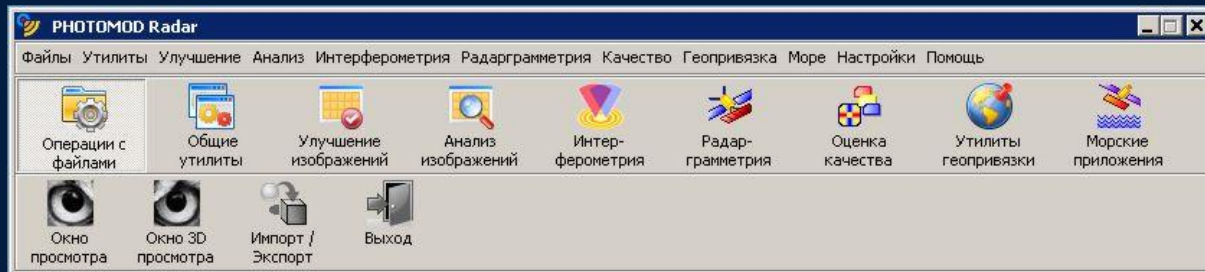


Всего сейчас на орбите  
66 аппаратов:

- 39 гражданских
- 27 военных

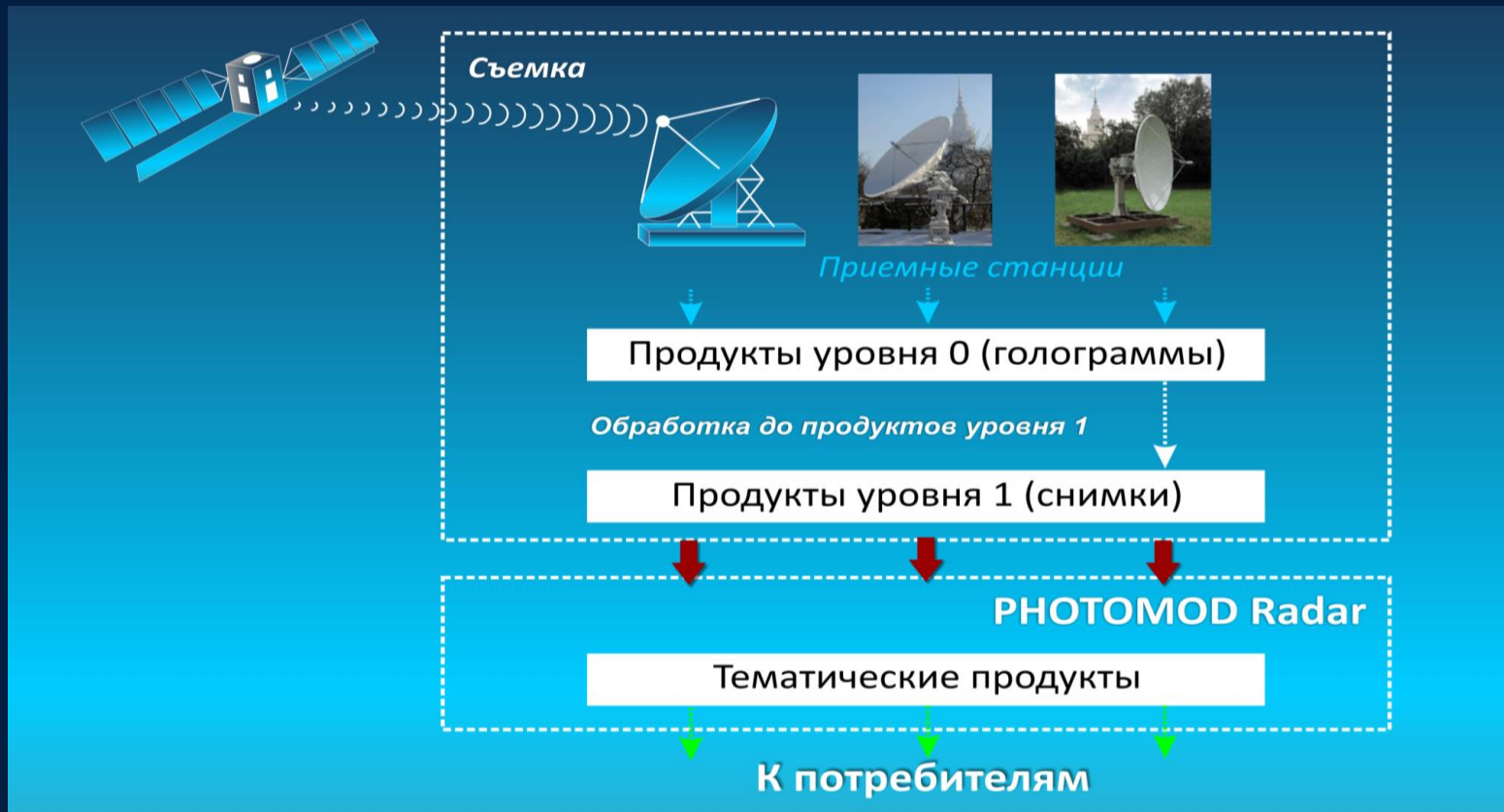
# Состояние и перспективы радиолокационной съемки





## PHOTOMOD Radar обеспечивает следующие функции:

- импорт и просмотр радиолокационных снимков;
- геометрическая коррекция;
- улучшение визуальных свойств;
- анализ и выделение характеристик;
- формирование ЦМР стерео и интерферометрическим методами;
- оценка смещений поверхности методом дифференциальной интерферометрии;
- классификация на основе поляриметрического анализа;
- обнаружение и оценка характеристик судов;
- оценка параметров морской поверхности;
- обнаружение разливов нефти на морской поверхности;
- оценка параметров движения объектов;
- обнаружение изменений когерентности по паре снимков;
- и т.д.





## Структура PHOTOMOD Radar. Внутренний формат – ключевой элемент интерфейса



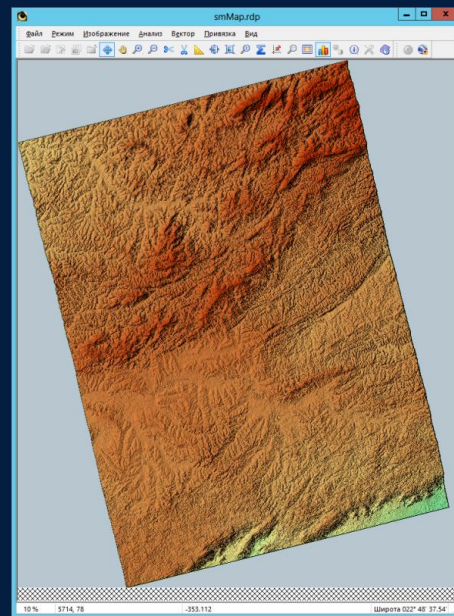
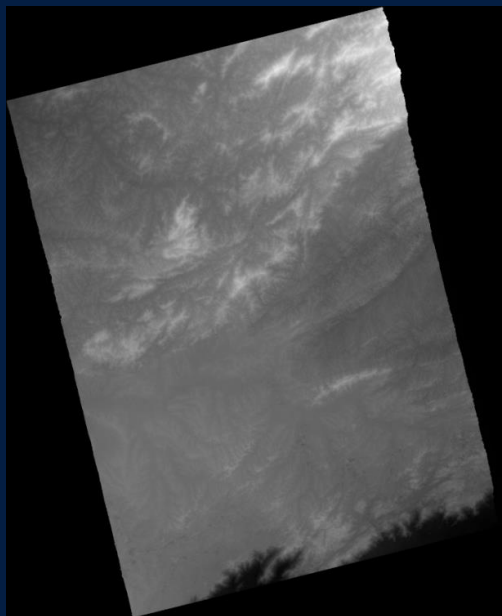


# Примеры обработки данных Sentinel-1

## Построение модели высот поверхности методом двухпроходной интерферометрии

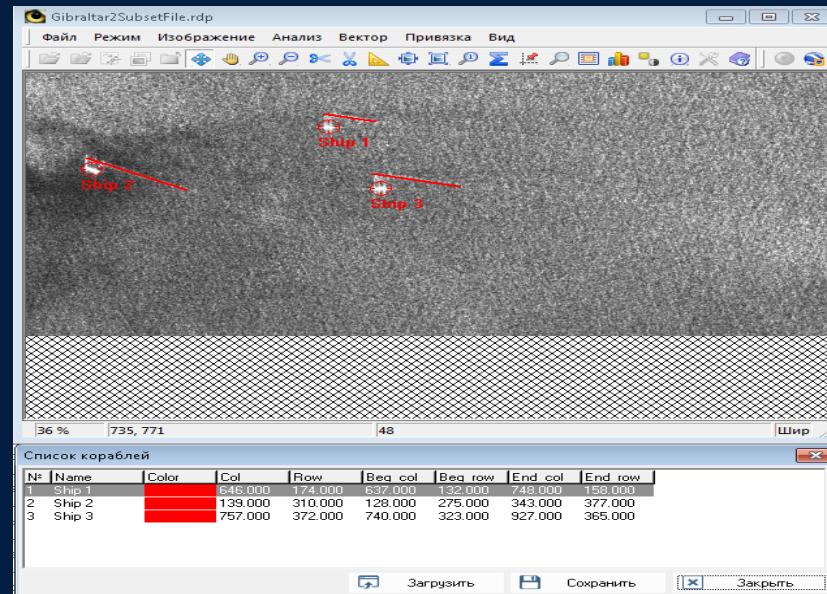
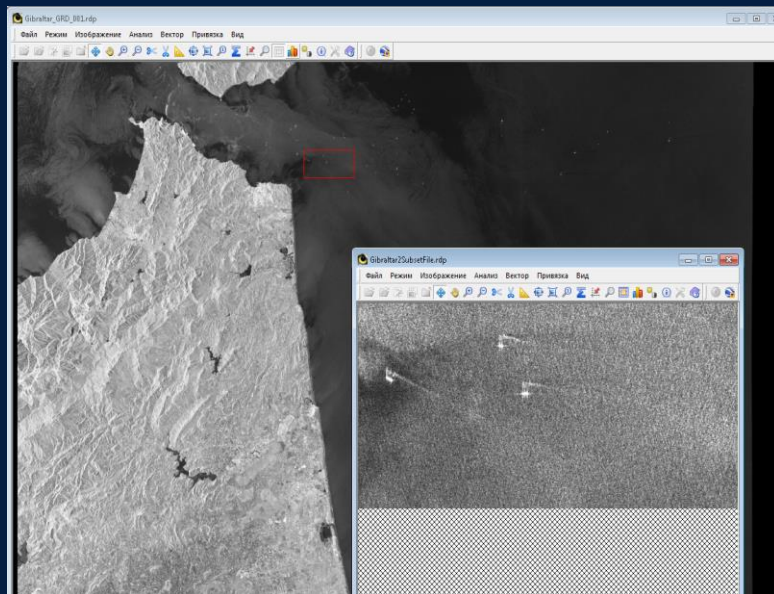
Бразилия

Снимки Sentinel-1, SLC Stripmap, HV  
08.06. и 14.06.2019



# Примеры обработки данных Sentinel-1

## Обнаружение надводных судов и оценка их характеристик

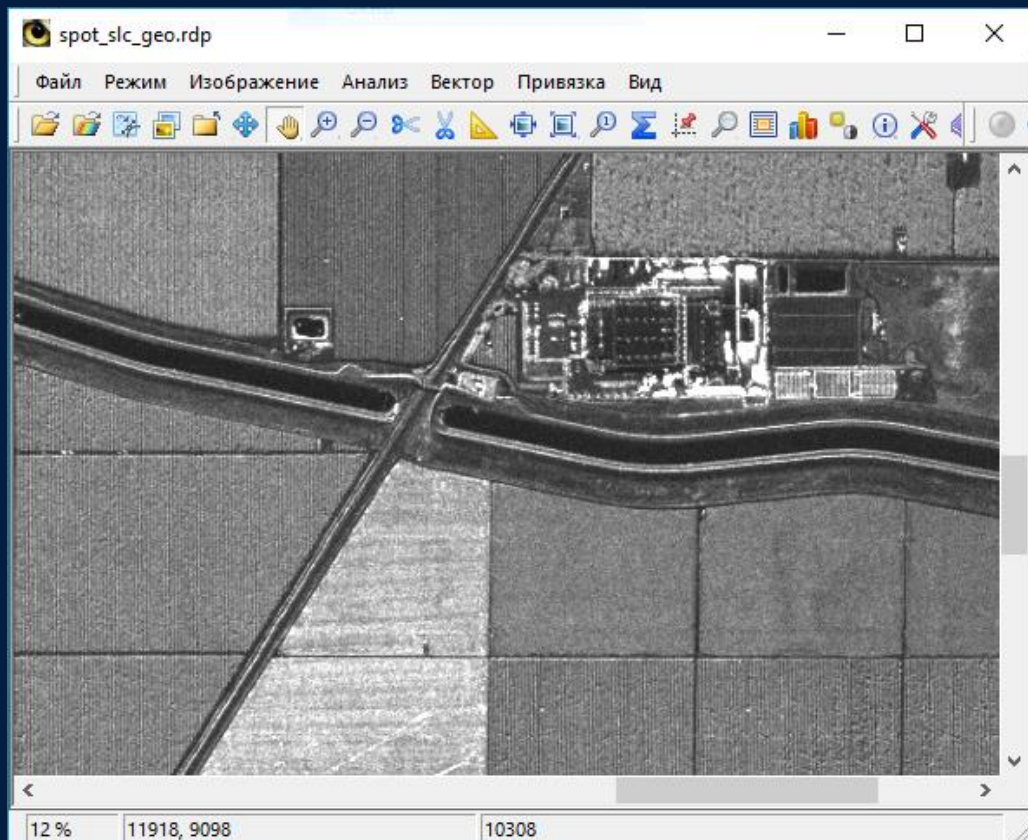


Sentinel-1A, 11.02.2020, Гибралтар, GRD, режим интерферометрический широкозахватный IW, поляризация VV



Диапазон частот	X-band (9,4 - 9,9 ГГц)
Полоса частот (Imaging Bandwidth)	До 500 МГц
Режимы съемки	Spotlight   Sliding Spotlight   Stripmap
Поляризация изображений	HH
Направление обзора радиолокатора (Imaging Look Directions)	Правосторонний и левосторонний
Диапазон широты получения снимков (Imaging Latitude Ranges)	Capella-2: -48.9° ю.ш to +48.9° с.ш
Диапазон углов обзора	25° - 40° (Стандартный) 15° - 45° (Расширенный) 5° - 45° (По запросу)

Продукт	Режим съемки	Размер сцены	Разрешение по азимуту	Разрешение по наклонной дальности	Диапазон углов обзора
Spot SLC	Spotlight	5 км x 5 км	0.5 м	0.3 м	25° - 40°
Site SLC	Sliding Spotlight	5 км x 10 км	1.0 м	0.5 м	25° - 40°
Strip SLC	Stripmap	5 км x 20 км	1.2 м	0.75 м	25° - 40°



Capella-2 (Sequoia)

Лейквью, Калифорния, США

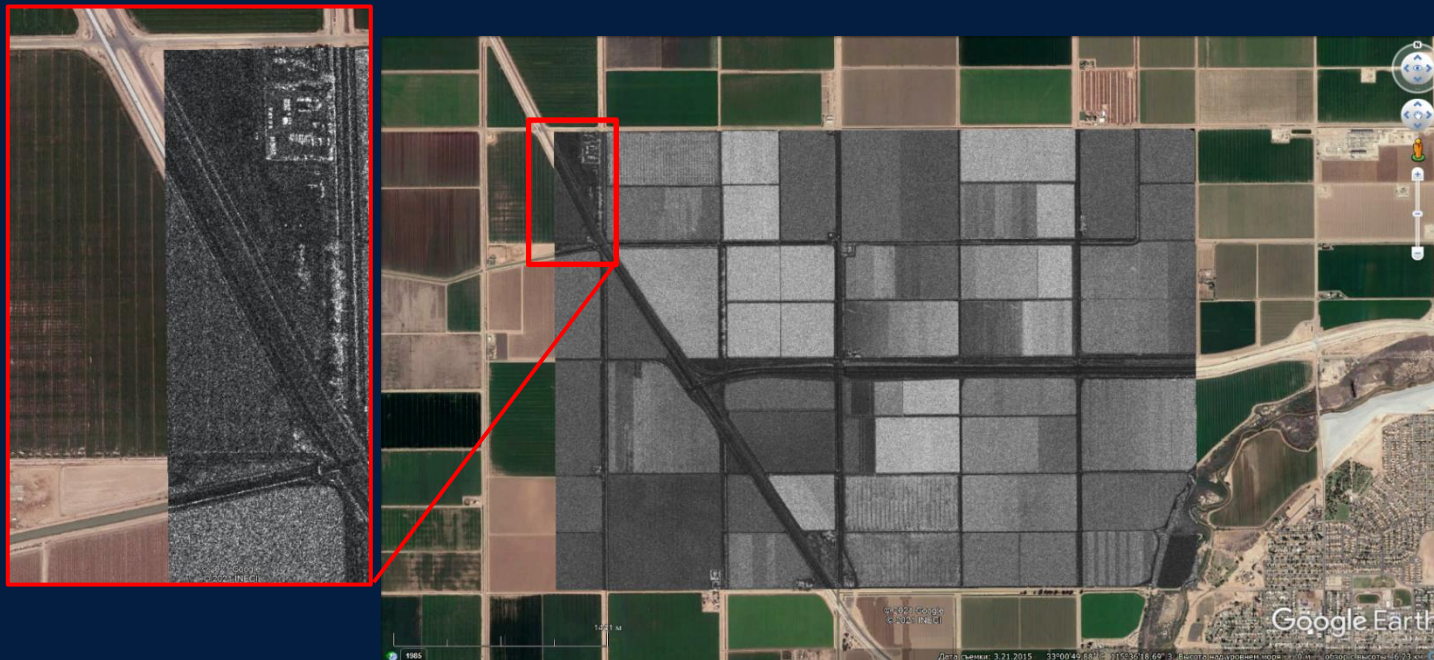
SpotLight, SpotGEO

Разрешение (оценка средствами  
PHOTOMOD Radar):

- 0,3 м по дальности

- 0,6 м по азимуту





Броли, Калифорния, США.

Capella-2 (Sequoia). Stripmap, SpotSLC.

Разрешение 0,8 м по дальности, 1,2 м по азимуту. Геокодирование в ПО PHOTOMOD Radar



Диапазон частот	X-band (9,4 - 9,9 ГГц)
Полоса частот (Imaging Bandwidth)	До 500 МГц
Режимы съемки	Spotlight   Sliding Spotlight   Stripmap
Поляризация изображений	HH
Направление обзора радаромолукатора (Imaging Look Directions)	Правосторонний и левосторонний
Диапазон широты получения снимков (Imaging Latitude Ranges)	Capella-2: -48.9° ю.ш to +48.9° с.ш
Диапазон углов обзора	25° - 40° (Стандартный) 15° - 45° (Расширенный) 5° - 45° (По запросу)

Продукт	Режим съемки	Размер сцены	Разрешение по азимуту	Разрешение по наклонной дальности	Диапазон углов обзора
Spot SLC	Spotlight	5 км x 5 км	0.5 м	0.3 м	25° - 40°
Site SLC	Sliding Spotlight	5 км x 10 км	1.0 м	0.5 м	25° - 40°
Strip SLC	Stripmap	5 км x 20 км	1.2 м	0.75 м	25° - 40°



ICEYE-X4 за 07.04.2020 на территорию Греции.  
Уровень обработки – SLC), режим – StripMap  
наземное разрешение 3х3 м, размер сцены 30х50 км





- Параллельные вычисления
- Кроссплатформенность
- Модульность
- Метод постоянных отражателей (бета тестирование)
- Метод малых базовых линий (бета тестирование)
- Алгоритмы совмещения изображений
- Использование нейросетей для поиска объектов

Автоматическое совмещение радиолокационных и оптических изображений»



Характерные объекты для совмещения:

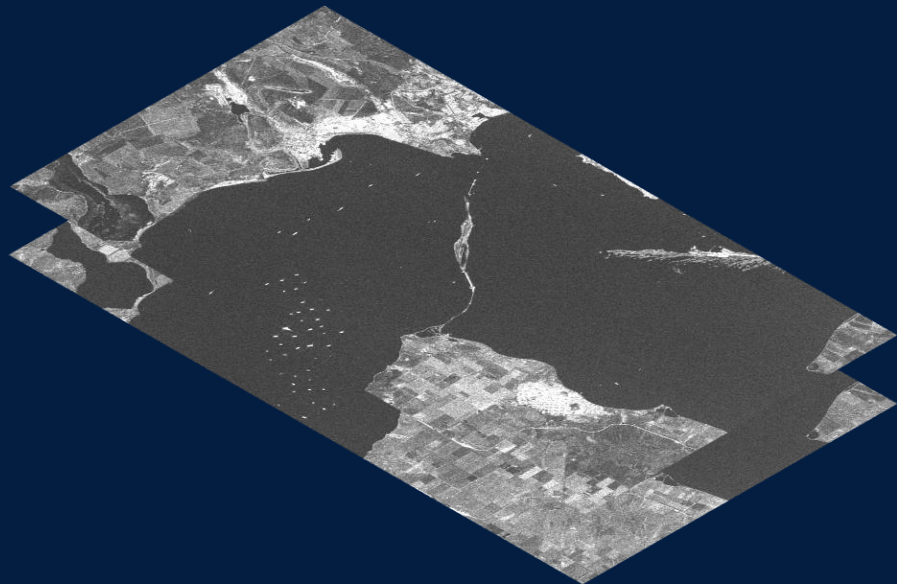
- точки
- отрезки (контуры)
- области

$$MI(A, B) = H(A) + H(B) - H(A, B),$$

где  $H(A), H(B)$  – энтропии,

$H(A, B)$  – совместная энтропия

Автоматическое совмещение радиолокационных и оптических изображений»





## Пример совмещения РЛИ - РЛИ

Аппарат	TerraSAR-X
Место съемки	ЮАР, Кейптаун
Даты съемки	6.08.2008, 17.08.2008
Разрешение	2 м



## Пример совмещения РЛИ - Оптика

Аппарат	Sentinel-1, Sentinel-2
Место съемки	Суец, Египет
Дата съемки	27.03.2021, 29.03.2021
Разрешение	10 м



Пример стека РЛИ

Аппарат	Sentinel-1
Место съемки	Керченский пролив
Кол-во снимков	40
Период съемки	Май 2015 – Ноябрь 2017
Разрешение	10 м



## Обнаружение объектов с использованием нейросетевых алгоритмов

- Объекты на РЛИ представлены в виде наборов ярких точек
- Изменение ракурса наблюдения меняют наблюдаемый радиолокационный портрет (РЛП)
- Отсутствуют в свободном доступе наборы РЛП разных моделей самолетов, который бы учитывал различные углы наблюдения радиолокатора, ракурс цели и конкретные параметры съемки
- Существующие нейронные сети не учитывают особенности РЛИ



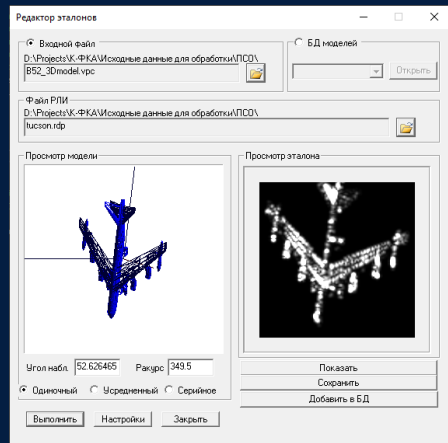
Тусон, авиабаза ВВС США

«Девис-Монтен».

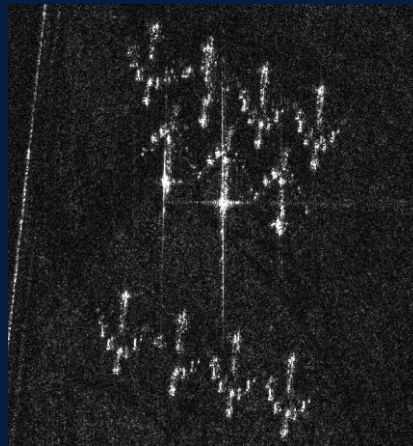


## Обнаружение объектов с использованием нейросетевых алгоритмов

Особенности существующего генератора эталонных изображений:

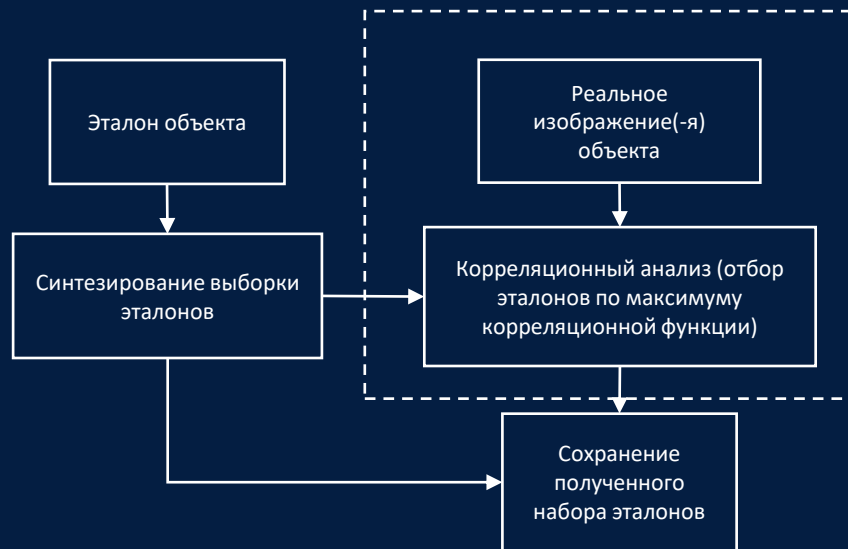


Сгенерированный эталон В-52

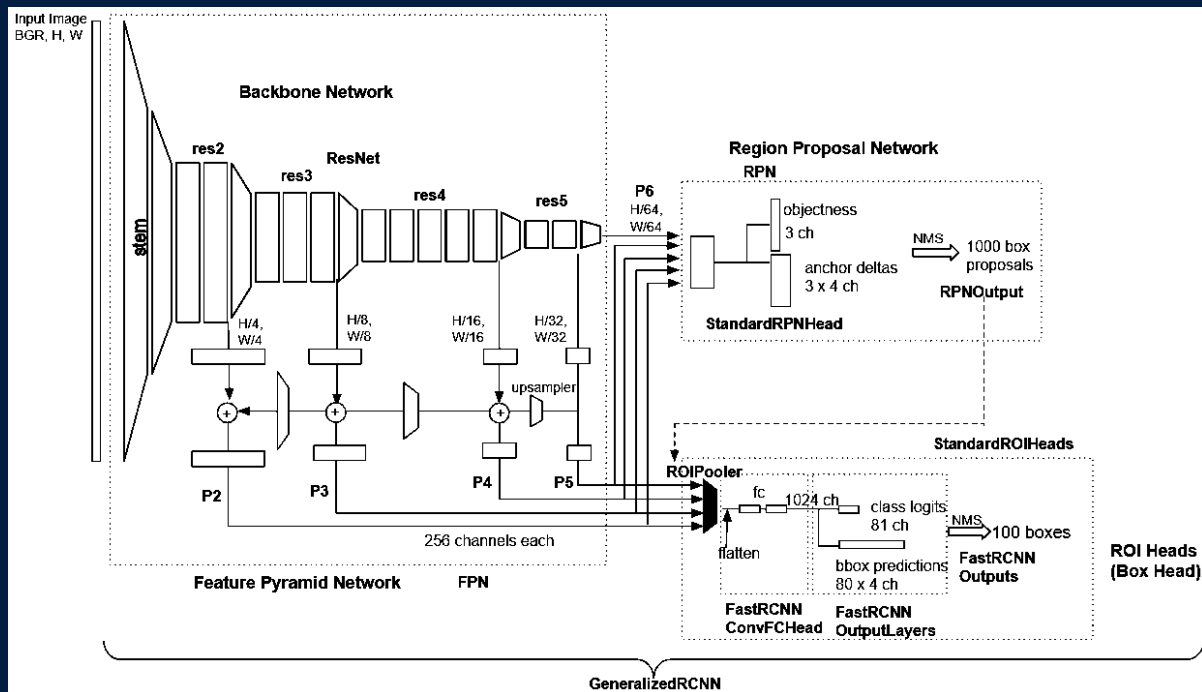


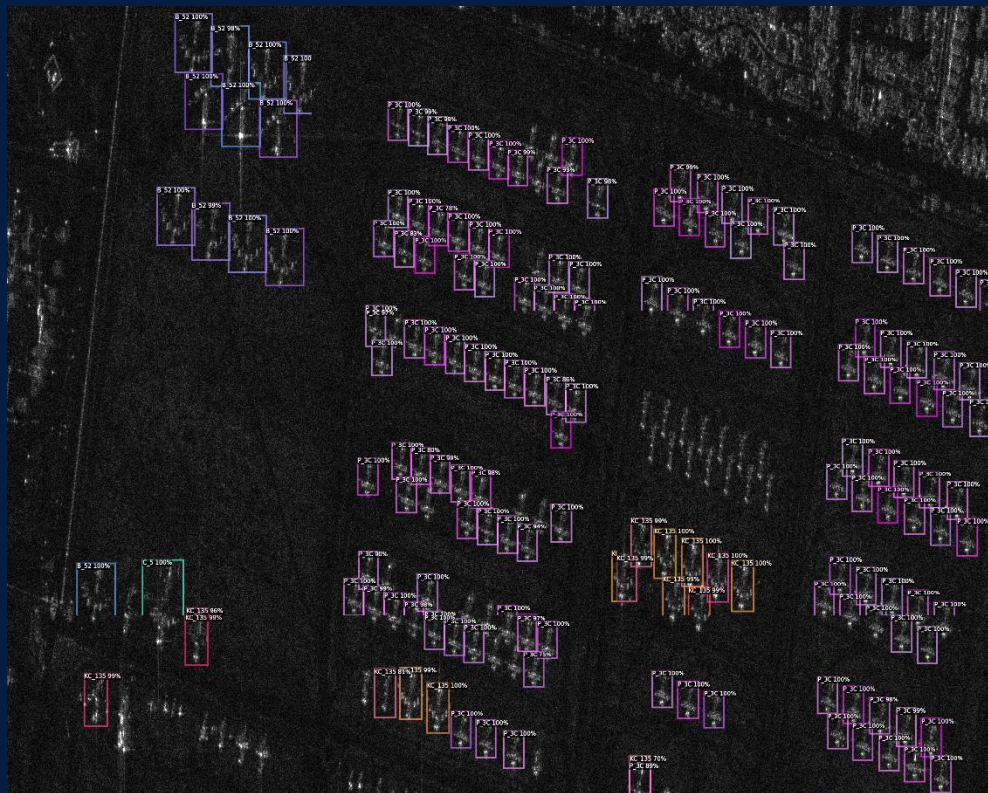
Фактический вид В-52 на реальном РЛИ

## Обнаружение объектов с использованием нейросетевых алгоритмов



## Архитектура Faster-RCNN-FPN





- 96.2% объектов обнаружены и правильно классифицированы (279 из 290)
- 3.8% объектов не были обнаружены (11 из 290)
- 8 ложных срабатываний

# Спасибо за внимание!

6–9 сентября, 2021 | Иркутск, Россия

info@racurs.ru  
<https://racurs.ru>

Т : +7 495 720-51-27  
Ф: +7 495 120-40-17

129366, г. Москва, ул. Ярославская,  
д. 13А, 3 этаж, оф. 15