Однородный ряд данных пройденных огнем площадей на основе информации об активном горении с различных группировок космических аппаратов

Балашов И.В., Лозин Д.В., Сенько К.С.

Институт Космических Исследований РАН

XXIV международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли», г. Москва, 9-13 сентября 2026

Спутниковый мониторинг пожаров в 21 веке

- С 2001 года имеются регулярные данные прибора MODIS (Аппараты AQUA и TERRA, США)
  - Разрешение данных в ИК-канале и продукта термических аномалий от 1 км/пиксель (зависит от угла сканирования)
  - Де-факто на основе данных MODIS получались все однородные оценки площадей, пройденных огнем лесными пожарами

- Данные широко используются для оценки площадей пожаров и их последствий, в том числе в системах
  - ИСДМ-Рослесхоз, Вега-Лес, Вега-PRO, VSV и др.

- С 2011 года доступны данные прибора VIIRS (разрешение от 375м/пиксель), работающего на постепенно расширяемой серии аппаратов NPP, NOAA-20, NOAA-21 и дополнительных источников данных - МСУ-МР (Метеор №2_2,2_3,2_4), Sentinel-3, MERSI-LL, MERSI-II (FY-3D, FY-3E, FY-3F) (風雲)

- При этом данные разных систем имеют различное пространственное разрешение, особенности наблюдения. Все это требуется учесть при создании объединенного ряда для наблюдения лесных пожаров по разным аппаратам.

Источники данных объединенной БД пожаров

Организация, распространяющая данные	Страна	Спутники	Прибор	Разрешение	Временное покрытие
FIRMS Fire Information for Resource Management System		TERRA, AQUA	MODIS	1км	2001- 2026/2027?
		SNPP, NOAA20, NOAA21	VIIRS	375м	SNPP 2012-2026 NOAA20 с 2020 NOAA21 с 2024
esa European Space Agency		Sentinel-3A, Sentinel-3B	SLSTR	1км	С 2024
NSMC National Satellite Meteorological Center		FengYun-3D, FengYun-3E, FengYun-3F	MERSI-II, MERSI-LL, MERSI-III	1км	3D с 2024 3E с 2025 3F с 2026
Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»		Метеор М2-2, Метеор М2-3, Метеор М2-4	МСУ-МР	1км	М2-2 2022-2024 М2-3 с 2023 М2-4 с 2024

Технология мониторинга пожаров

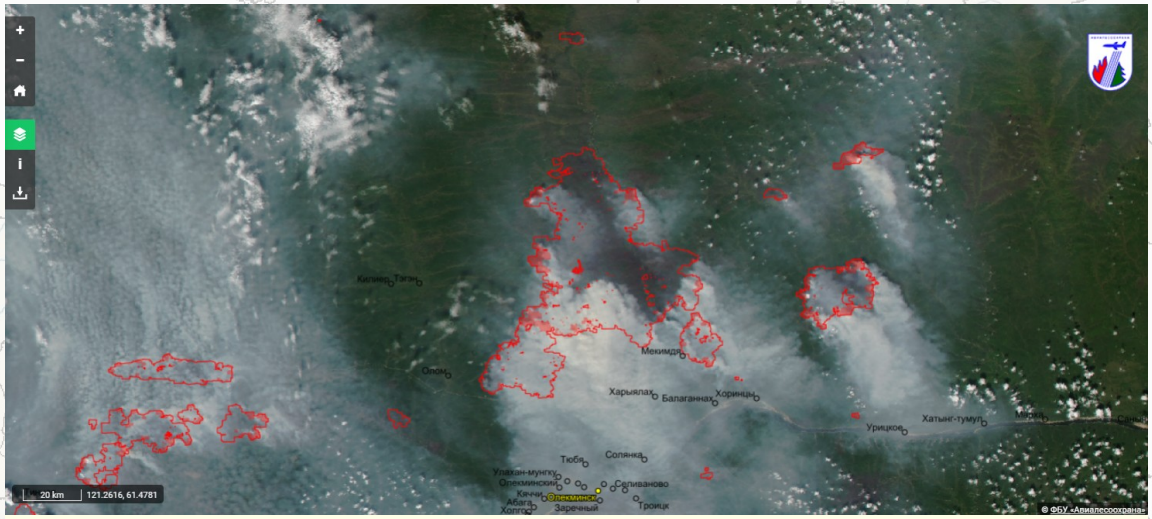
- Рассматривается пожар не как отдельная термическая аномалия, а как площадной объект, развивающийся в пространстве и времени
  - Площадь формируется полигонами исходных пикселей
  - Отдельные пожары могут возникать, ликвидироваться и сливаться друг с другом

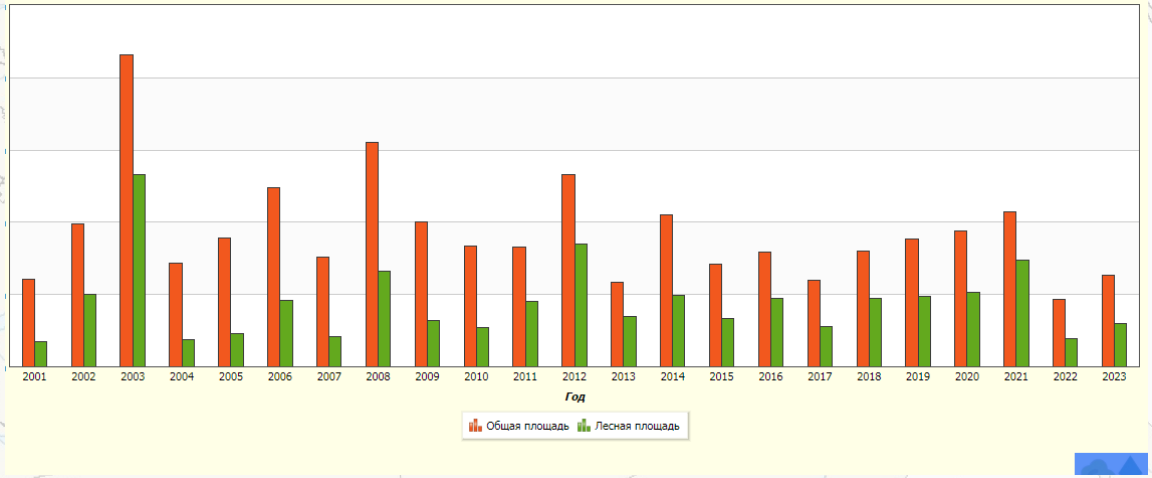
- Мониторинг пожаров включает в себя оценки
  - Количества объектов (пожаров)
  - Пройденной пожарами площади

- Оценки могут быть представлены
  - За различные временные интервалы
    (например, весенние и летние пожары, пожары за год и за 5 лет)
  - По различным категориям пройденных земель
    (например, лесные и нелесные пожары)

Данные о площадях пожаров в сервисах спутникового мониторинга

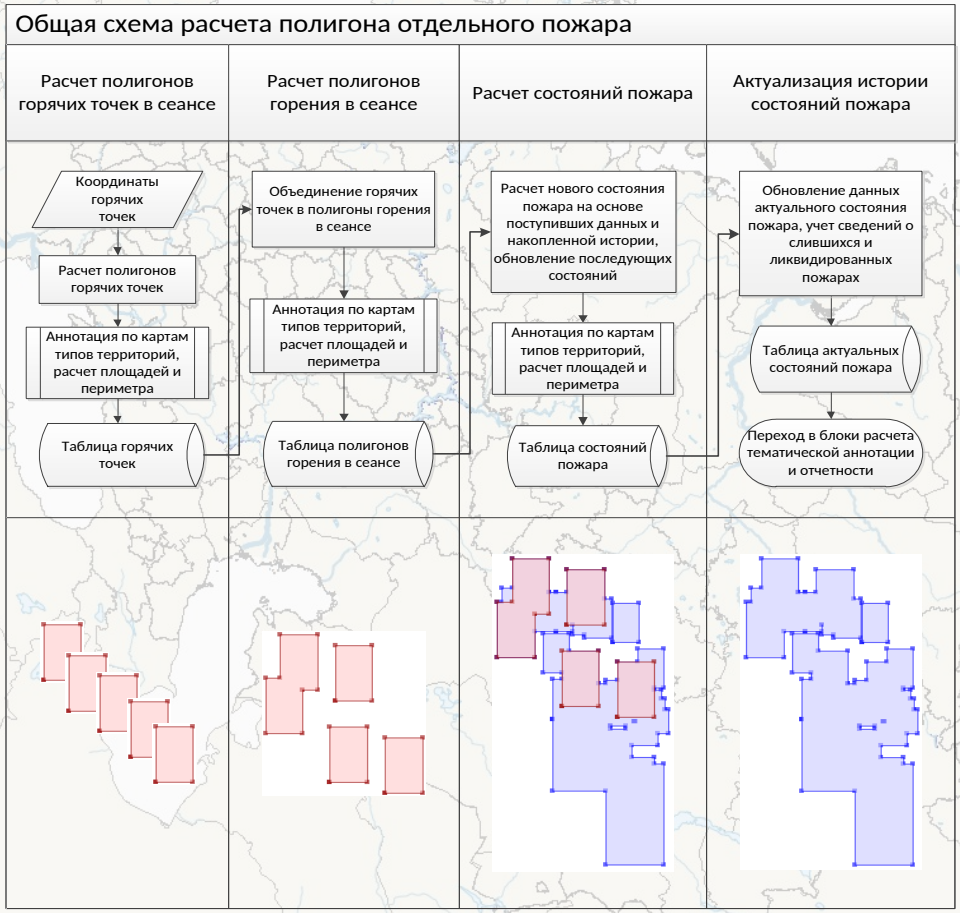
- Оперативные решения на основе оценки пройденных огнем площадей
- Анализ трендов на основе многолетней статистики
- Данные для ведения различных реестров





Примеры продуктов на основе данных мониторинга пожаров в разных сервисах

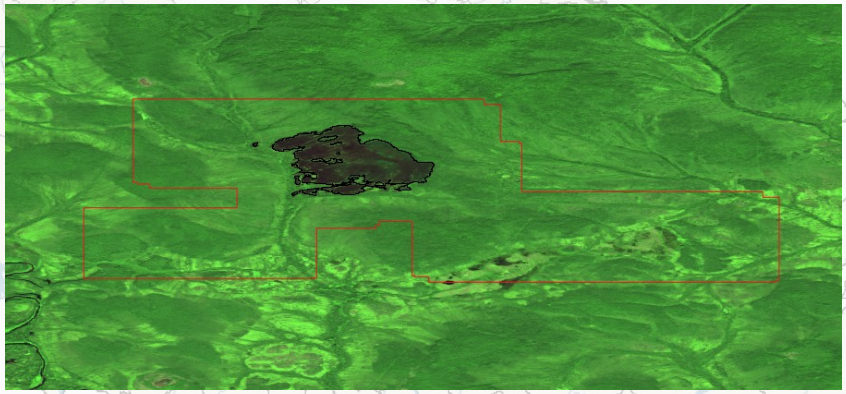
Технология оценки площадей пожаров

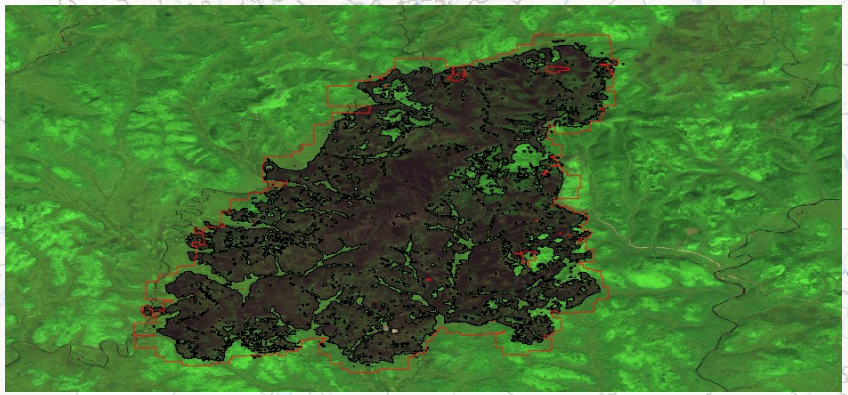


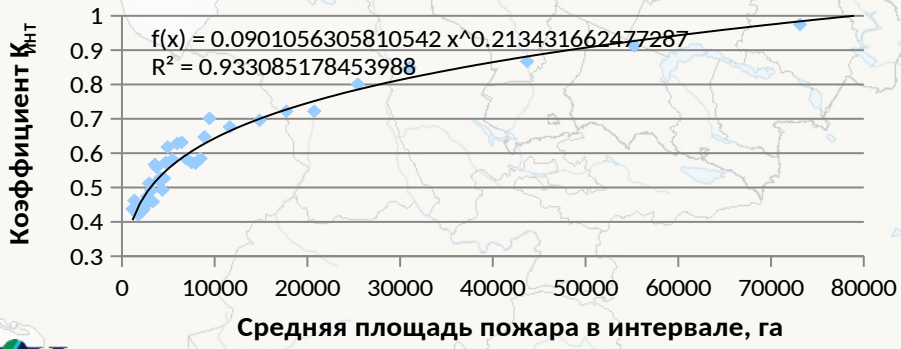
Формирование объекта «пожар»

- Формируется объект, имеющий предысторию наблюдений
- Отдельные очаги горения интегрируются в общий объект «пожар»
- Геометрическая площадь и связность объекта фактически определяется полигонами отдельных пикселей.
- Далее полигоны проходят аннотацию по тематическим картам, в т.ч. картам лесов и позволяют оценивать пройденные огнем площади

Технология оценки площадей пожаров







- Для оценки площадей, пройденных огнем, требуется геометрическая коррекция получаемых полигонов
- На основе уточненных контуров по высокому разрешению формируется статистика и формула коррекции площади, зависящая от площади пожара
- Геометрическая коррекция позволяет снизить ошибки определения площади, вызванные крупным размером пикселя (но не позволяет скорректировать пропуски детектирования)

ИКИ

ИКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

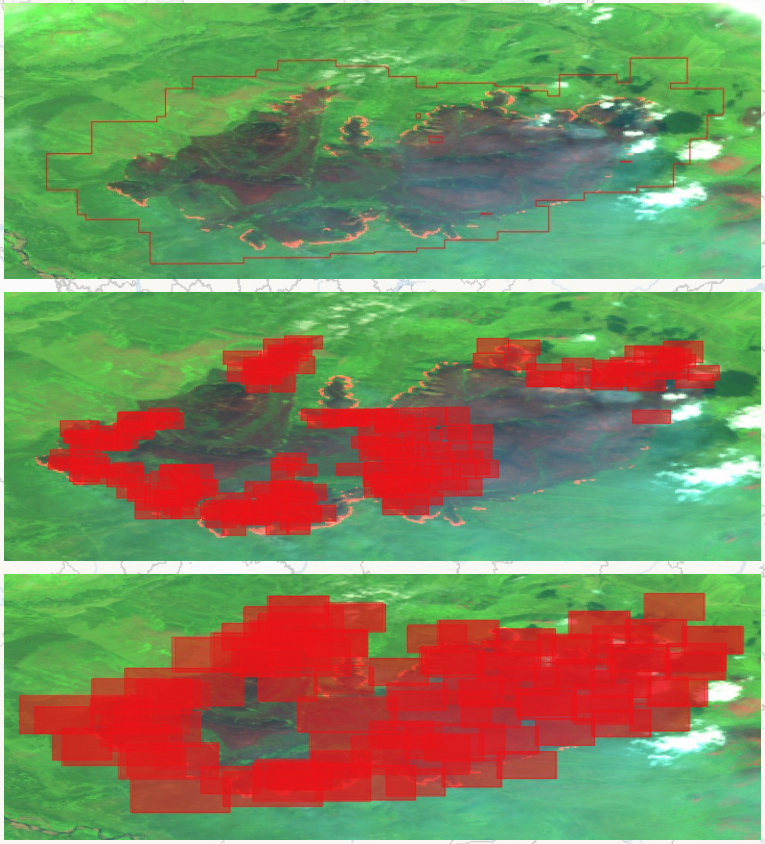
Влияние размера пикселя входных данных на формирование пожаров

(подход к созданию схемы формирования однородной БД пожаров)



Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»

Как влияют входные данные на формирование пожара



Пример наблюдений пожара за отдельные сутки разными приборами

Основные факторы изменений

- Детектируемая площадь горения
- Связность «пожара» в один объект
- Покрытие «пропусков» горения

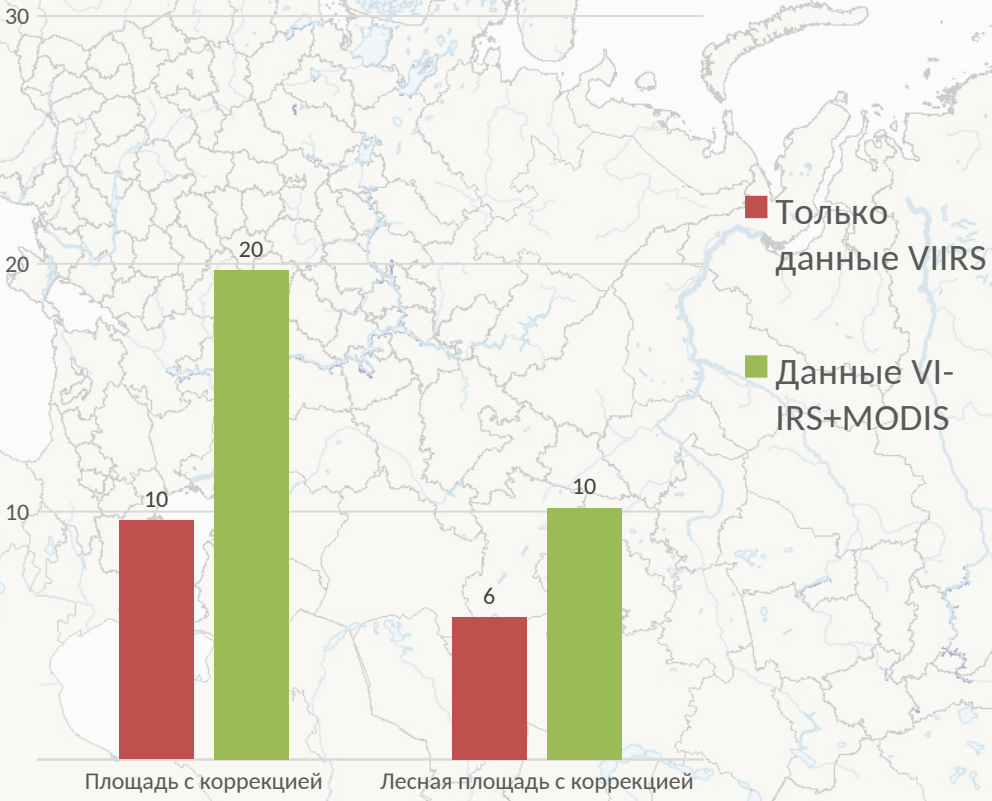
Возможные причины изменений

- Размер пикселя
- Частота наблюдений

Что необходимо предпринять

- Оценить численно возможные изменения
- Определить возможность адаптации
- Провести расчеты наборов данных и определить оптимальные параметры для адаптации технологии мониторинга

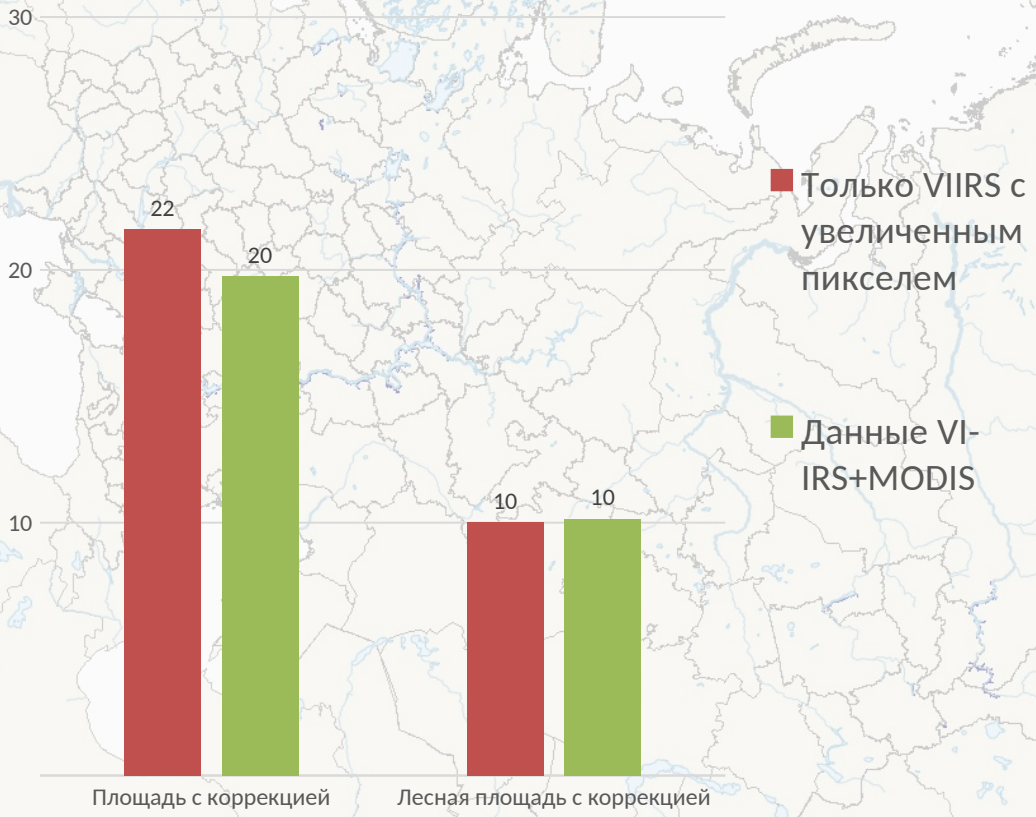
Влияние размера пикселей на оценки площадей



Пройденные пожарами площади на территории РФ за 2020 год, млн. га

- Рассчитаны наборы данных на основе только VIIRS
- Исключение данных MODIS из ряда данных о пожарах на территорию РФ приводит к почти двукратному уменьшению оценок лесных площадей пожаров
- Для данных VIIRS управлять частотой наблюдения мы не можем, единственный вариант – изменить размер пикселя.
- При этом, чувствительность прибора VIIRS выше и количество пожаров

Возможность проведения адаптации для получения сопоставимых оценок



Пройденные пожарами площади на территории РФ за 2020 год, млн. га

- Сформирован модельный набор с размерами исходных пикселей VIIRS, масштабированных до размеров MODIS
- Видно, что изменением размера пикселя можно компенсировать проблемы, вызванные более высоким разрешением
- Можно использовать существующую технологию мониторинга и получать сопоставимые ряды данных
- Остается выяснить, какой именно размер пикселя дает наилучшее подобие.

ИКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

О выборе оптимального размера пикселя для задачи мониторинга лесных пожаров

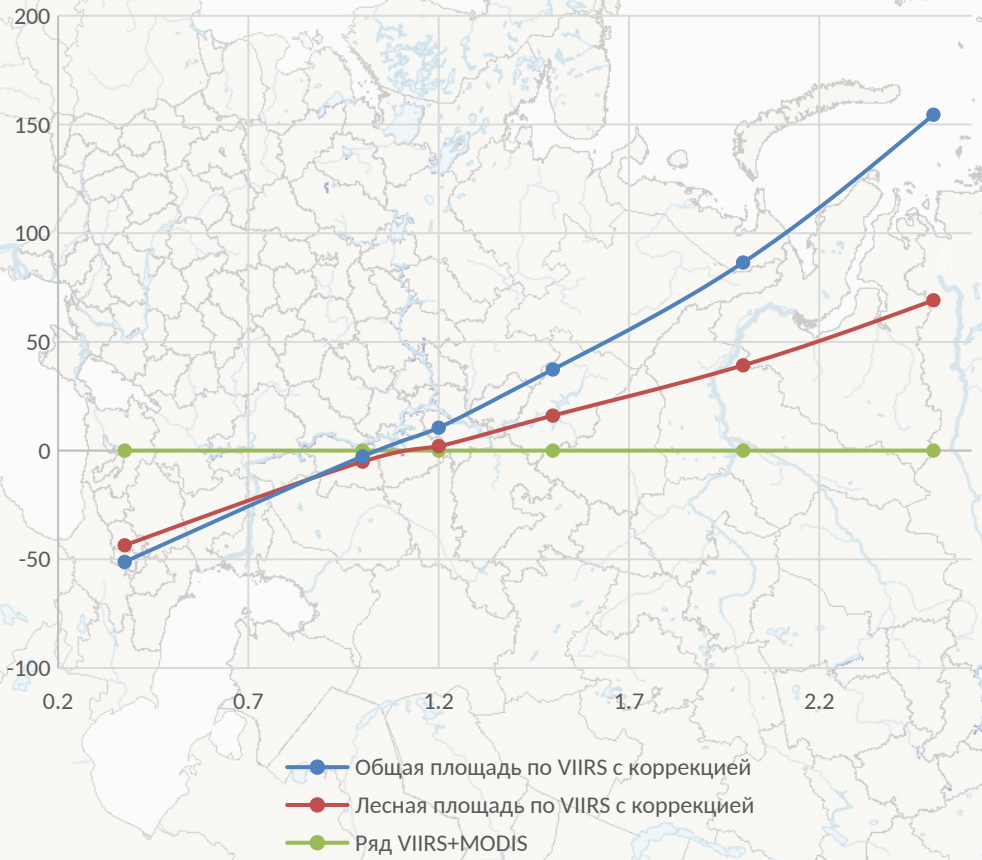
Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»



Определение оптимального размера пикселя

- Большой размер пикселя исходных данных
  - Приводит к росту ошибки определения площади отдельных небольших пожаров
- Маленький размер пикселя:
  - Нарушает связность объекта
  - Дает «пропуски» наблюдений пройденной огнем площади между сеансами
- На «пропуски» наблюдения также непосредственно влияет построение группировки КА: кратность наблюдения пожаров в сутках
- Возможно ли получить оптимальный размер пикселя для конкретной группировки КА?
  - (для лесных пожаров)

Моделирование влияния размера пикселя на характеристики рядов данных



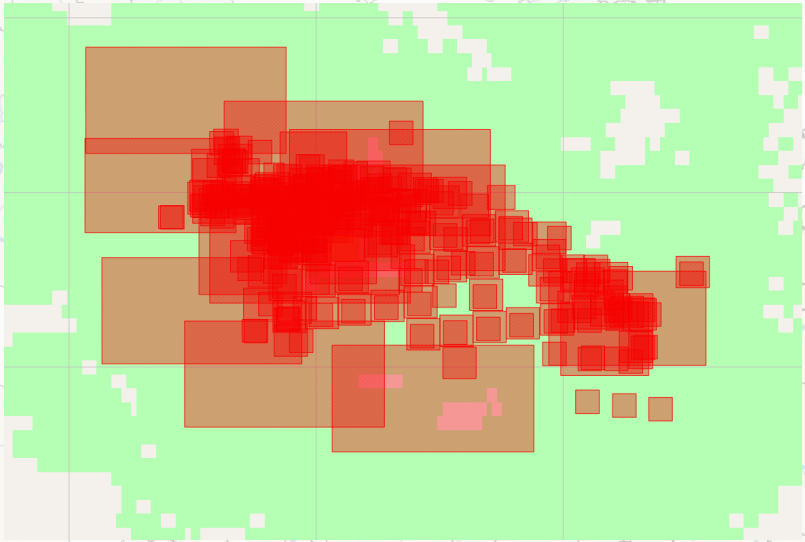
Разница в пройденной пожарами площади на территории РФ за 2021* год с модельными рядами, %

- Проведено моделирование и рассчитаны наборы данных с размерами пикселя 1, 1.5, 2, 2.5 км. и дополнительным, зависящим от угла визирования
- Наилучший параметр размера пикселя для получения сопоставимой оценки лесных площадей может составлять 1.0-1.3 км
- Для выбора варианта, дающего наименьшее расхождение так же необходим учет геометрической коррекции площадей.

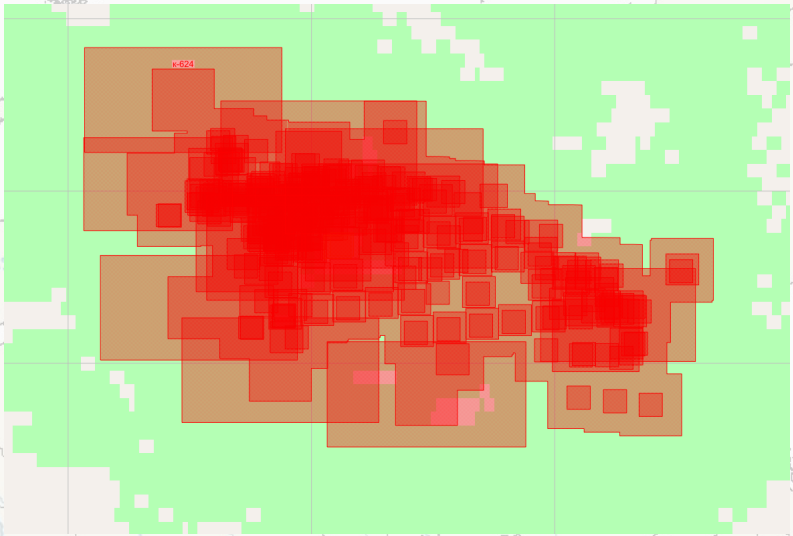
ИКИ

* Сравнения рядов на основе исходного размером пикселя VIIRS проведены на основе данных 2020 года

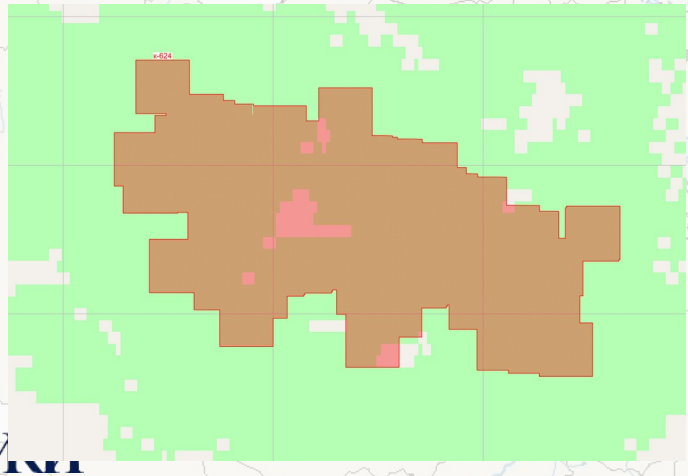
Применение оптимального размера пикселя



Данные о пожаре, сформированные пикселями горячих точек исходного разрешения



Сравнение данных исходного и оптимального разрешения



Итоговый контур пожара на основе данных с оптимальным размером пикселя

Создание однородного ряда данных

Проведенные работы показали, что изменением размера пикселя данных можно решить основную проблему создания однородной базы данных пожаров – получение сопоставимых оценок пройденных огнем площадей.

Для получения сопоставимых оценок лесных пожаров разнородным данным необходимо

Этап 1. Реализация устойчивых алгоритмов выявления термических аномалий (горячих точек)

Этап 2. Выбор оптимального размера пикселя для оценок площадей лесных пожаров

Этап 3. Адаптация блоков ведения БД и наполнение баз данных горячих точек

Этап 4. Формирование набора пожаров и расчет функции геометрической коррекции площадей.

Этап 5. Формирование однородного ряда данных

Выводы и дальнейшие действия

- Выполнение работ по предложенным этапам позволит:
  - Обеспечить наименьшие ошибки определения площади отдельного пожара для данных низкого разрешения
  - Компенсировать различные схемы наблюдения пожаров при применении разных группировок КА
  - Получать сопоставимые оценки пройденными лесными пожарами площадей и сформировать однородный ряд данных оценок площадей, проходимых летними лесными пожарами
  - Обеспечить “отказоустойчивость” ведения мониторинга пожаров в случае исключения различных источников данных

ИКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

Спасибо за внимание!

smis.iki.rssi.ru

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (тема "Мониторинг", госрегистрация № 122042500031-8) с использованием возможностей центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг", включая УНУ "ВЕГА-Science".



Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»