Возможности бесшовного перехода подсистем учета площадей лесных пожаров на данные прибора VIIRS

Балашов И.В., Лупян Е.А., Сенько К.С., Стыценко Ф.В.

Институт Космических Исследований РАН

XXIV международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли», г. Москва, 9-13 ноября 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)
  - Фаза активного существования завершается в 2026-2027 годах
    (завершение ожидалось в 2025-2026 годах, однако оценки сроков сдвигаются)

- 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 с 2015 года начитают учитываться при оценке пожаров

- Дополнительные источники данных - МСУ-МР (Метеор №2_2,2_3,2_4), Sentinel-3, MERSI-LL, MERSI-II (FY-3D, FY-3E, FY-3F) (風雲) – в стадии реализации устойчивых алгоритмов выявления термических аномалий

ИКИ

Технология мониторинга пожаров

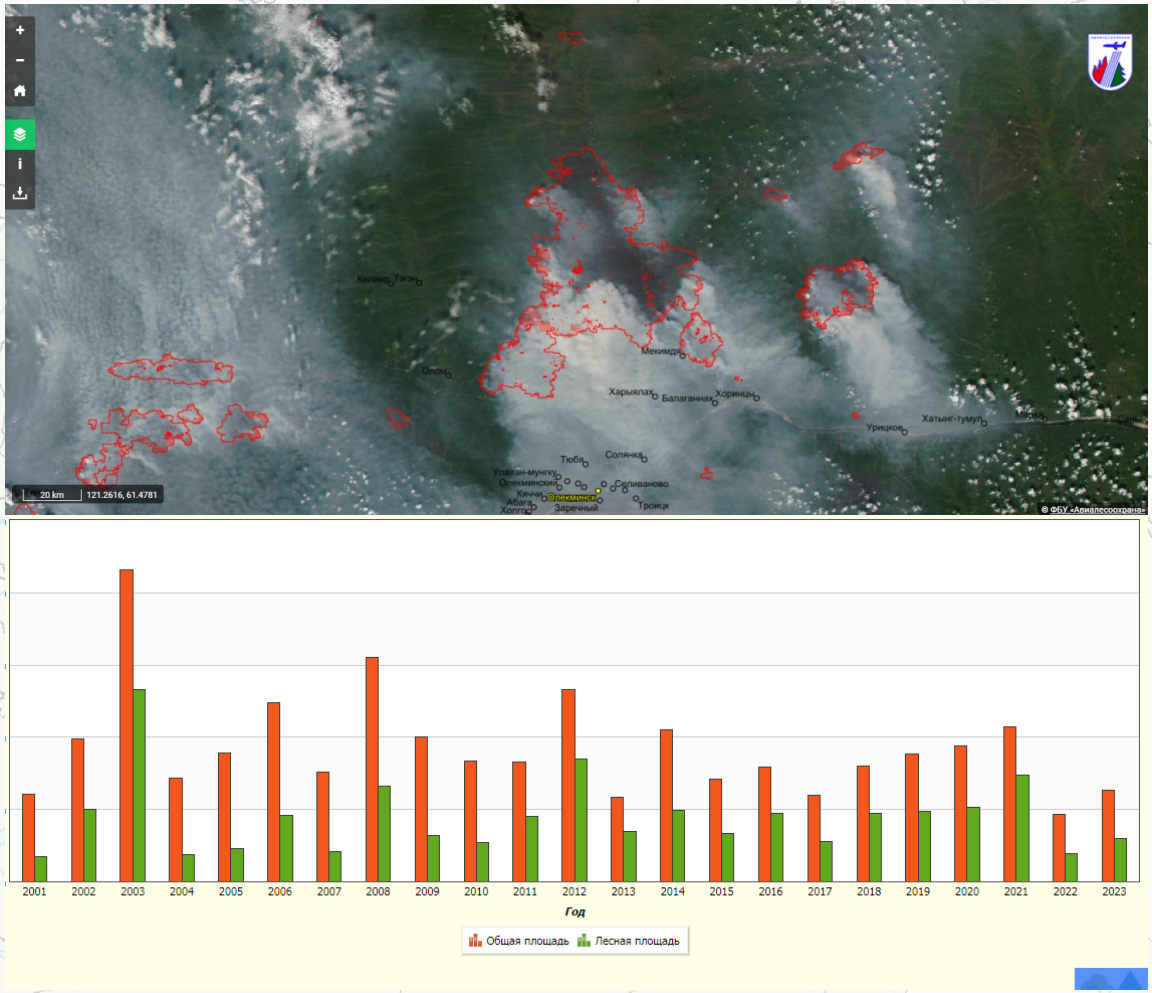
- Рассматривается пожар не как отдельная термическая аномалия, а как площадной объект, развивающийся в пространстве и времени
  - Площадь формируется полигонами исходных пикселей
  - Отдельные пожары могут возникать, ликвидироваться и сливаться друг с другом

- 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)

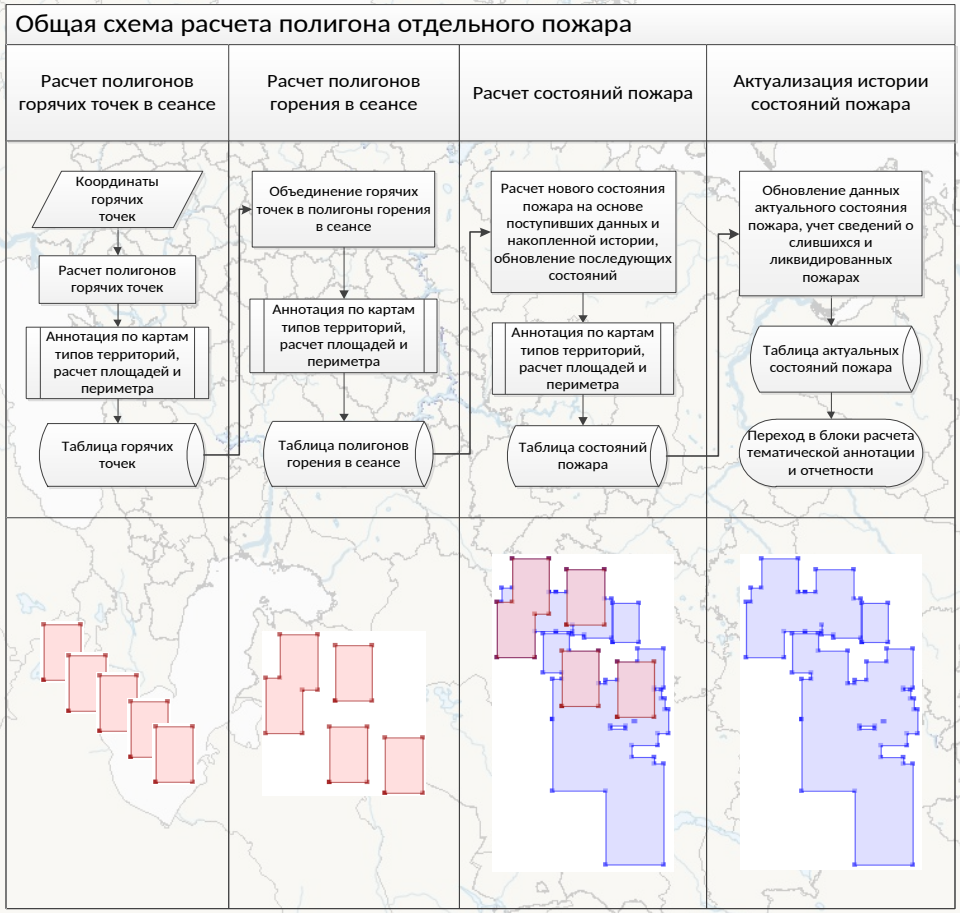
Данные о площадях пожаров в сервисах спутникового мониторинга

- 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

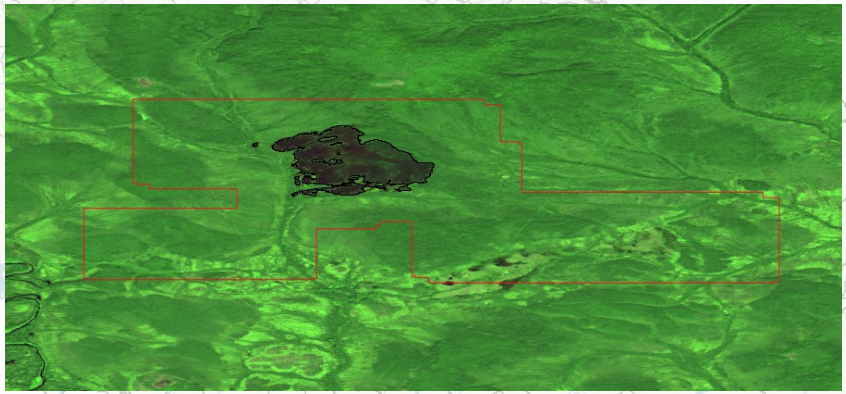
Технология оценки площадей пожаров

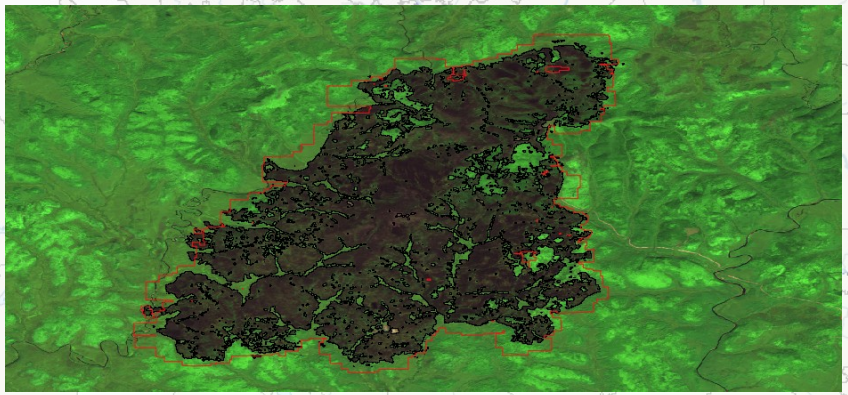


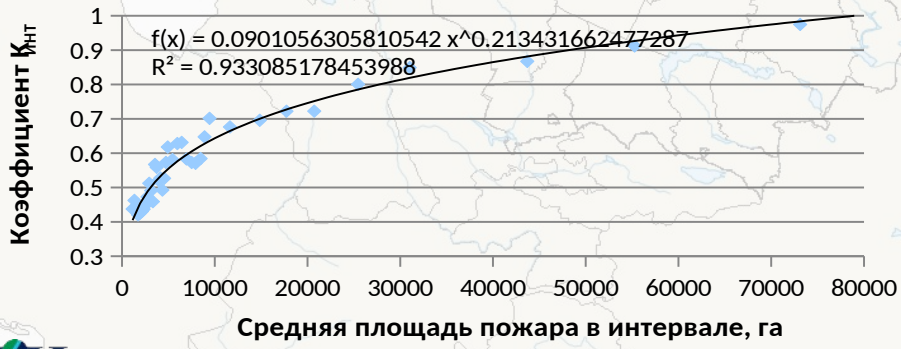
Формирование объекта «пожар»

- 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

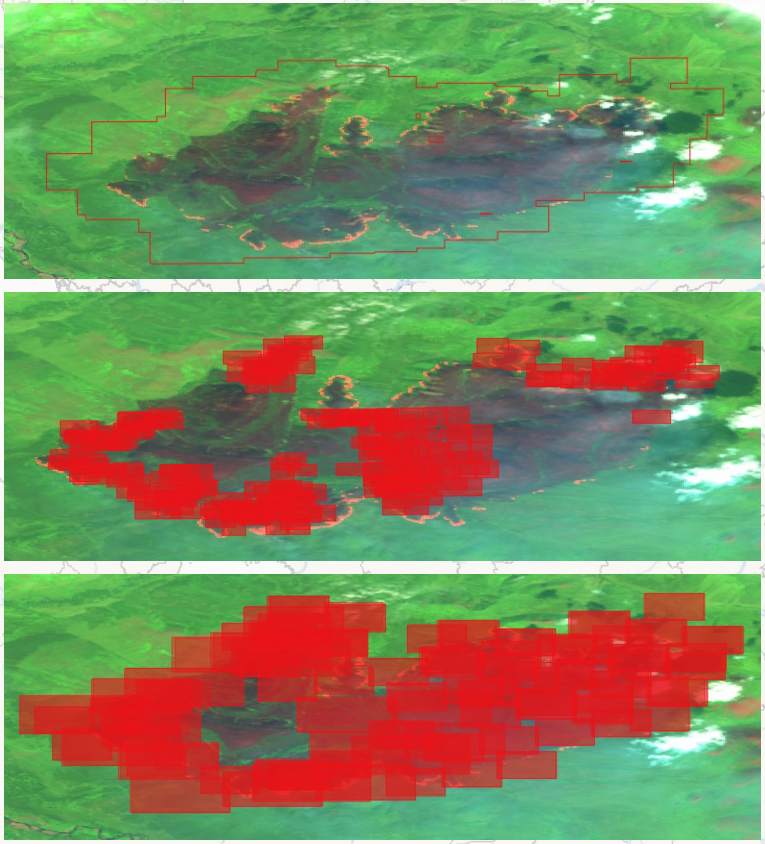
К чему приводит изменение размера пикселя входных данных и как эти изменения компенсировать

(подход к адаптации схемы формирования пожаров)



Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»

Источники проблем при измерении источника наблюдения



Пример наблюдений пожара за отдельные сутки разными приборами

Основные факторы изменений

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

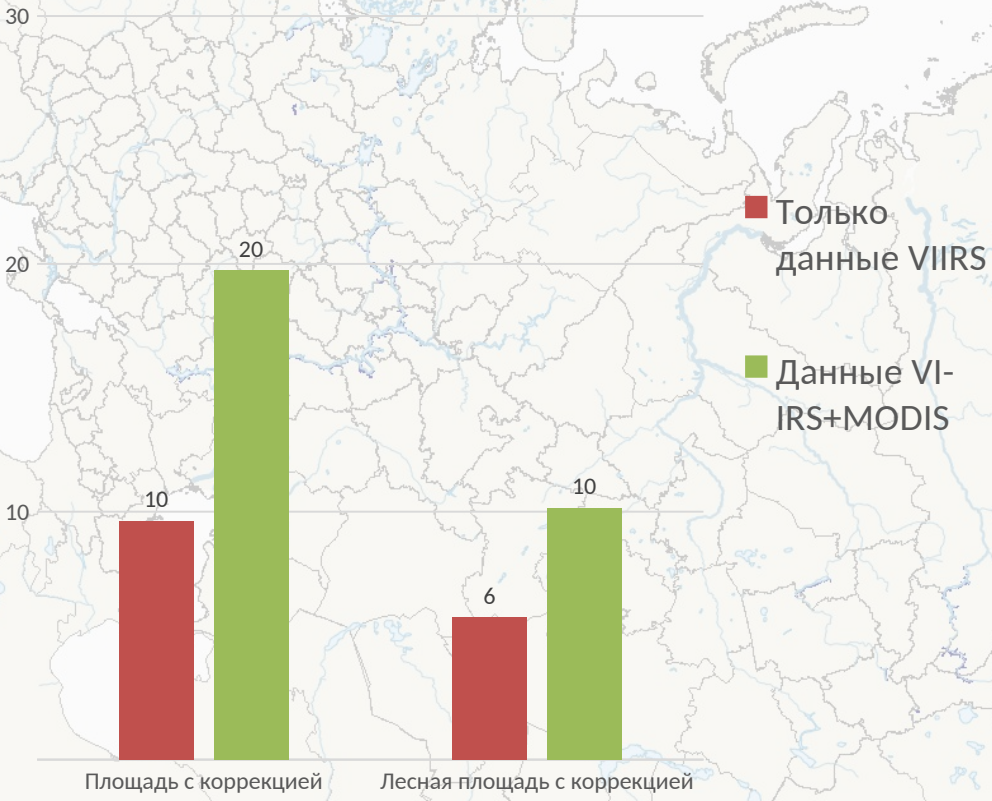
Возможные причины изменений

- 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

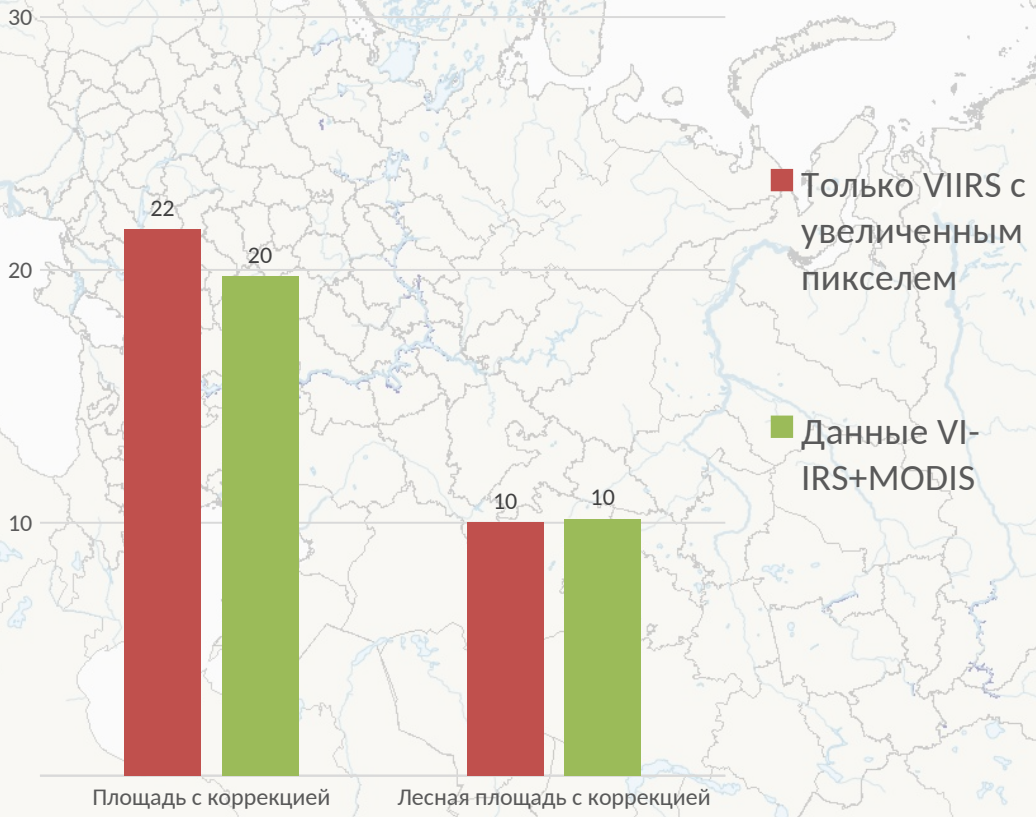
Проблема оценок площадей при переходе на VIIRS



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

Оценка возможности проведения адаптации



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

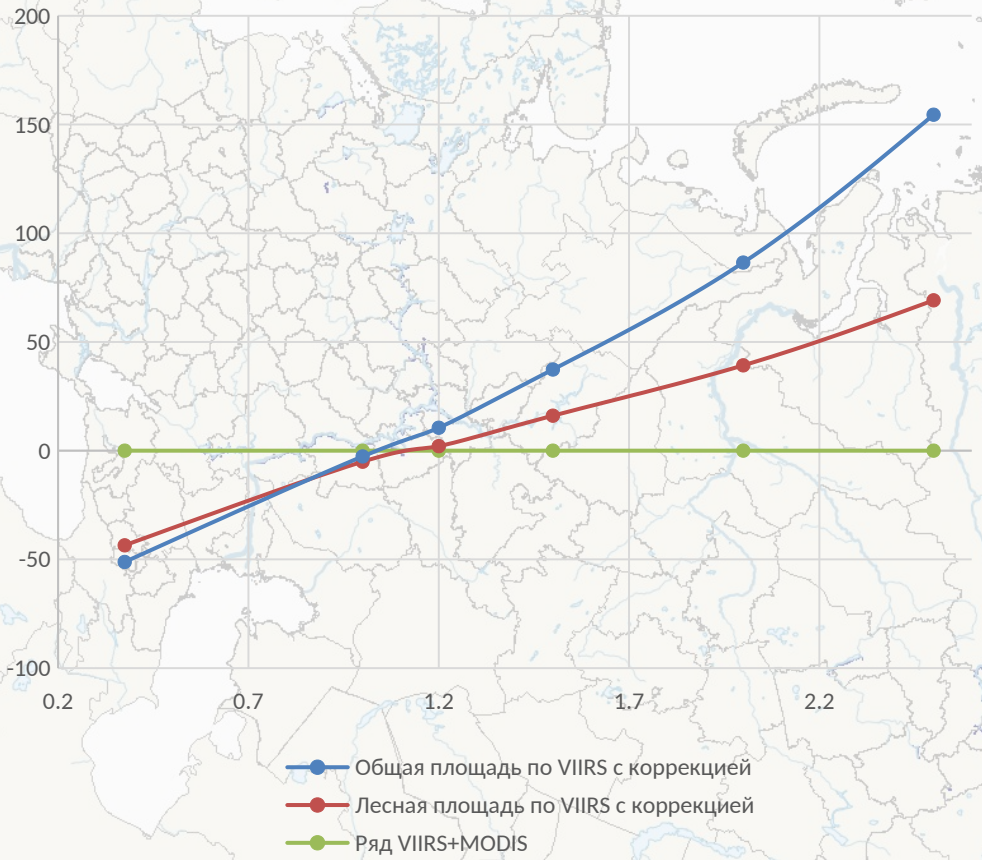
Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»



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

Промежуточные итоги

Проведенные работы показали, что изменением размера пикселя данных можно решить основную проблему перехода – получить сопоставимые оценки пройденных огнем площадей.

Для получения сопоставимых оценок лесных пожаров по VIIRS необходимо

- Сформировать тестовые ряды данных и определить оптимальный размер пикселя
- Сформировать выборку уточнений пожаров по данным высокого разрешения и получить функцию геометрической коррекции площадей

ИКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

Перевод ИС мониторинга лесных пожаров на работу с данными VIIRS

(на примере ИСДМ-Рослесхоз)



Отдел «Технологий спутникового Мониторинга»

Особенности перехода

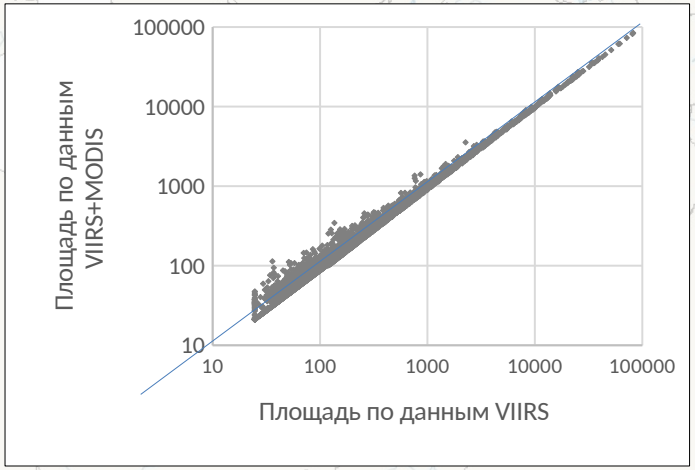
Основные особенности:

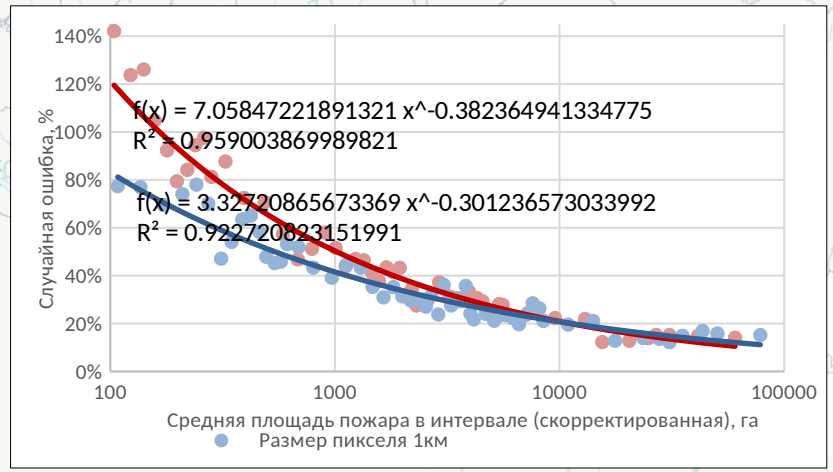
- Точные даты отключения аппаратов AQUA и TERRA неизвестны
- *(кроме плановых сроков крайне вероятными являются технические сбои)*
- Переход только на данные VIIRS заранее лишит систему достаточно ценной информации о горении
- Переключить подсистему учета площадей на новую версию строго синхронно с фактическим изменением входных данных практически невозможно.
- *(в том числе, критическим является однородность ряда в течение пожароопасного сезона)*

Этап 1

Этап 1. Исходное состояние подсистемы учета площадей, пройденных лесными пожарами:

- Подсистема работает на данных MODIS и VIIRS в исходном разрешении
- Проводятся работы по определению оптимального размера пикселя для совместной работы на данных VIIRS, MODIS
- Формируются тестовые ряды данных для нового размера пикселей.
- Определяется функция геометрической коррекции площадей.



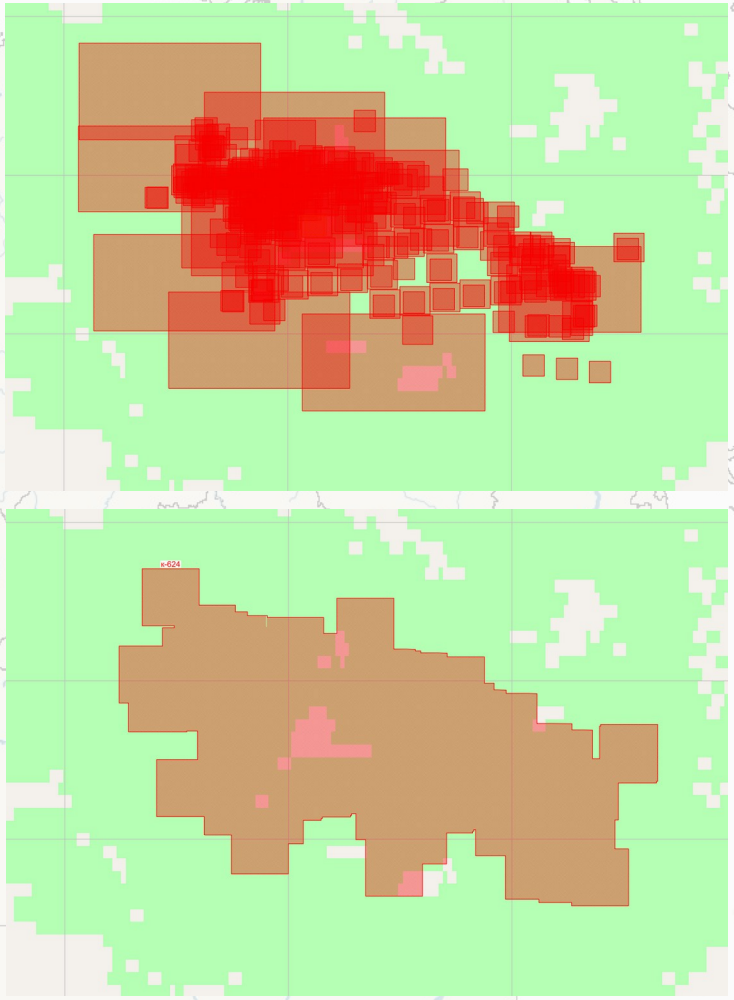


Этап 2

Этап 2. Запуск адаптированной подсистемы учета площадей:

- Совместно по данным MODIS и VIIRS
- С оптимальным размером пикселя для всех источников
- На базе адаптированной функции геометрической коррекции площадей

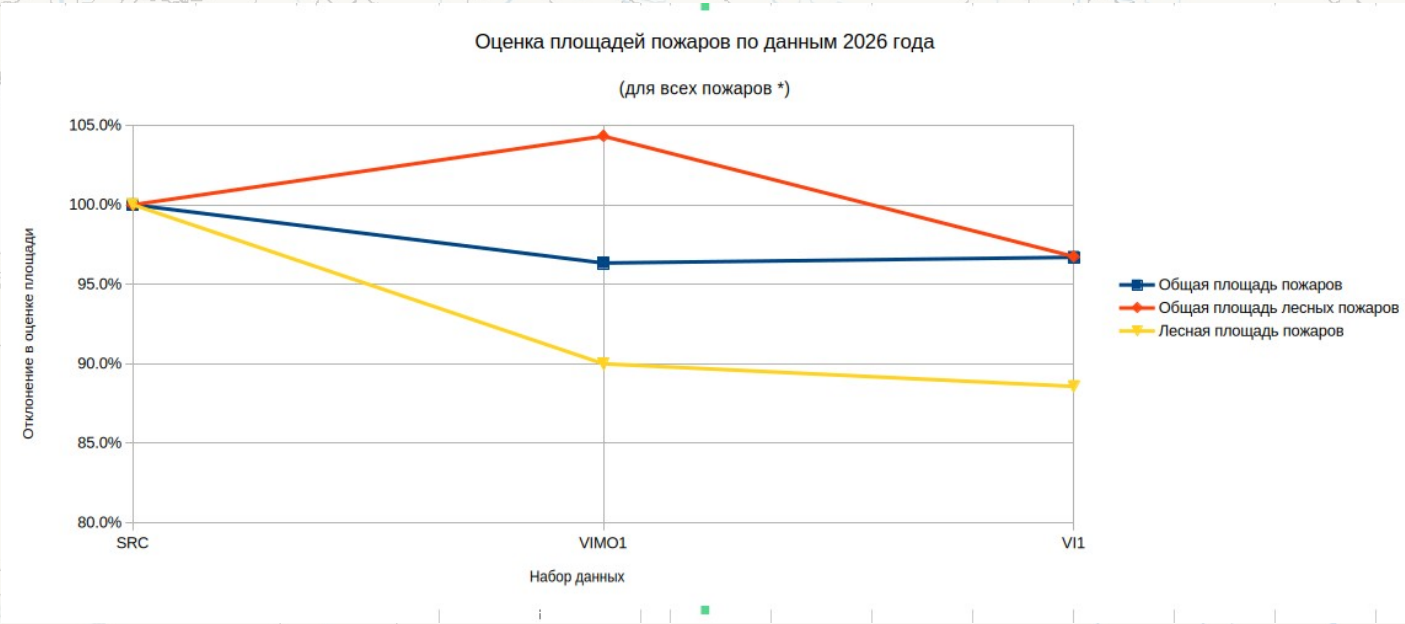
Данный этап обеспечивает автоматический переход только на данные VIIRS при выключении данных MODIS



Этап 2

На текущий момент блоки учета площадей пройденных огнем ИС «ИСДМ-Рослесхоз» работают в предложенных конфигурациях этапа 2.

- В течение сезона автоматически, параллельно велись три набора данных
- - в исходном разрешении (SRC)
- - с оптимальным размером пикселя (набор VIMO1)
- - с оптимальным размером пикселя без данных MODIS (набор VI1)



* предварительные оценки, без учета площадей новых территорий

Этап 3

Этап 3. Автономная работа системы на данных только VIIRS:

- Применение оптимального размера пикселя
- Отсутствие данных MODIS приводит к небольшому ухудшению раннего детектирования пожаров
- Подсистема оценки площадей формирует сопоставимые с получаемыми на этапах 1 и 2 оценки.

Выводы и дальнейшие действия

Приведенные методы определения оптимального размера пикселя и геометрической коррекции площадей позволяют:

- Обеспечить наименьше ошибки определения площади отдельного пожара для данных низкого разрешения
- Компенсировать изменение схемы наблюдения пожара при изменении группировки КА
- Получать сопоставимые оценки пройденными лесными пожарами площадей

- При появлении дополнительных источников данных алгоритмы могут быть адаптированы.
- При появлении данных, сопоставимых по разрешению с MODIS, данные VIIRS возможно использовать в исходном разрешении.
- Необходимо дополнительно провести оценку “пропусков” горения данными прибора MODIS

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»