Оптимизация технологии расчета и аннотации пожаров в системах мониторинга с использованием растрового подхода

Балашов И.В., Лозин Д.В.

Институт Космических Исследований РАН

XXIV Международная научная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА», Москва, 2026

Спутниковый мониторинг пожаров в 21 веке

- Использование спутниковых данных для мониторинга пожаров является классической задачей

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

- Используются данные MODIS с 2001 года,

- С января 2012 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 FY-3D (風雲) – в стадии реализации устойчивых алгоритмов выявления термических аномалий

Технология мониторинга пожаров

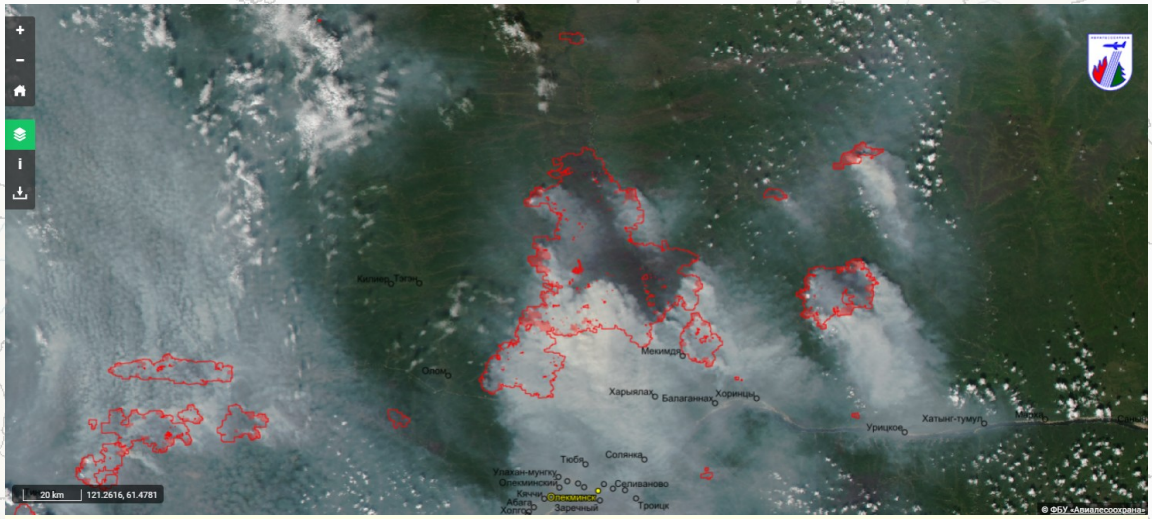
- Рассматривается пожар не как отдельная термическая аномалия, а как объект, развивающийся в пространстве и времени
  - Отдельные пожары могут возникать, ликвидироваться и сливаться друг с другом

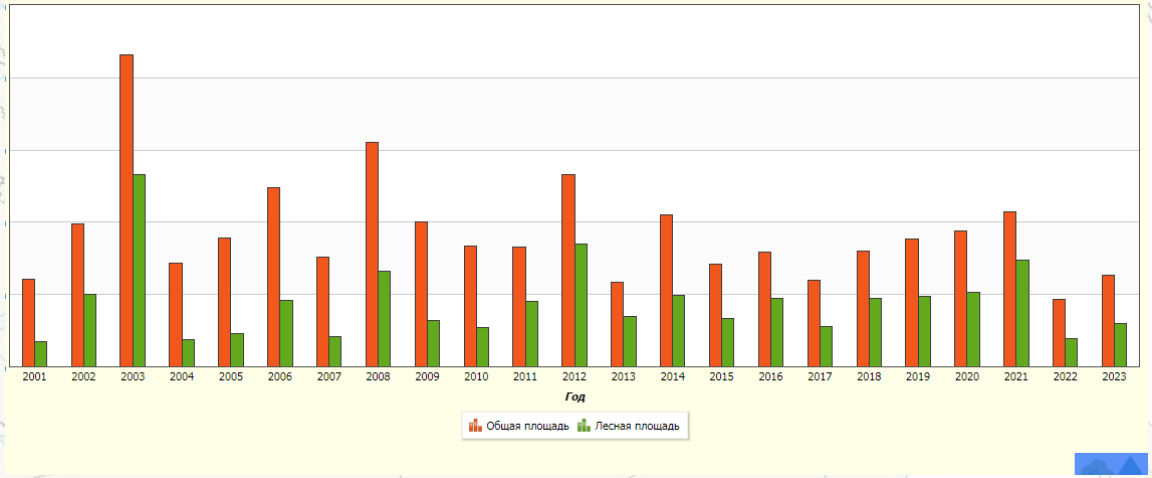
- Мониторинг пожаров включает в себя оценки
  - Количества объектов (пожаров)
  - Пройденной пожарами площади

- 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



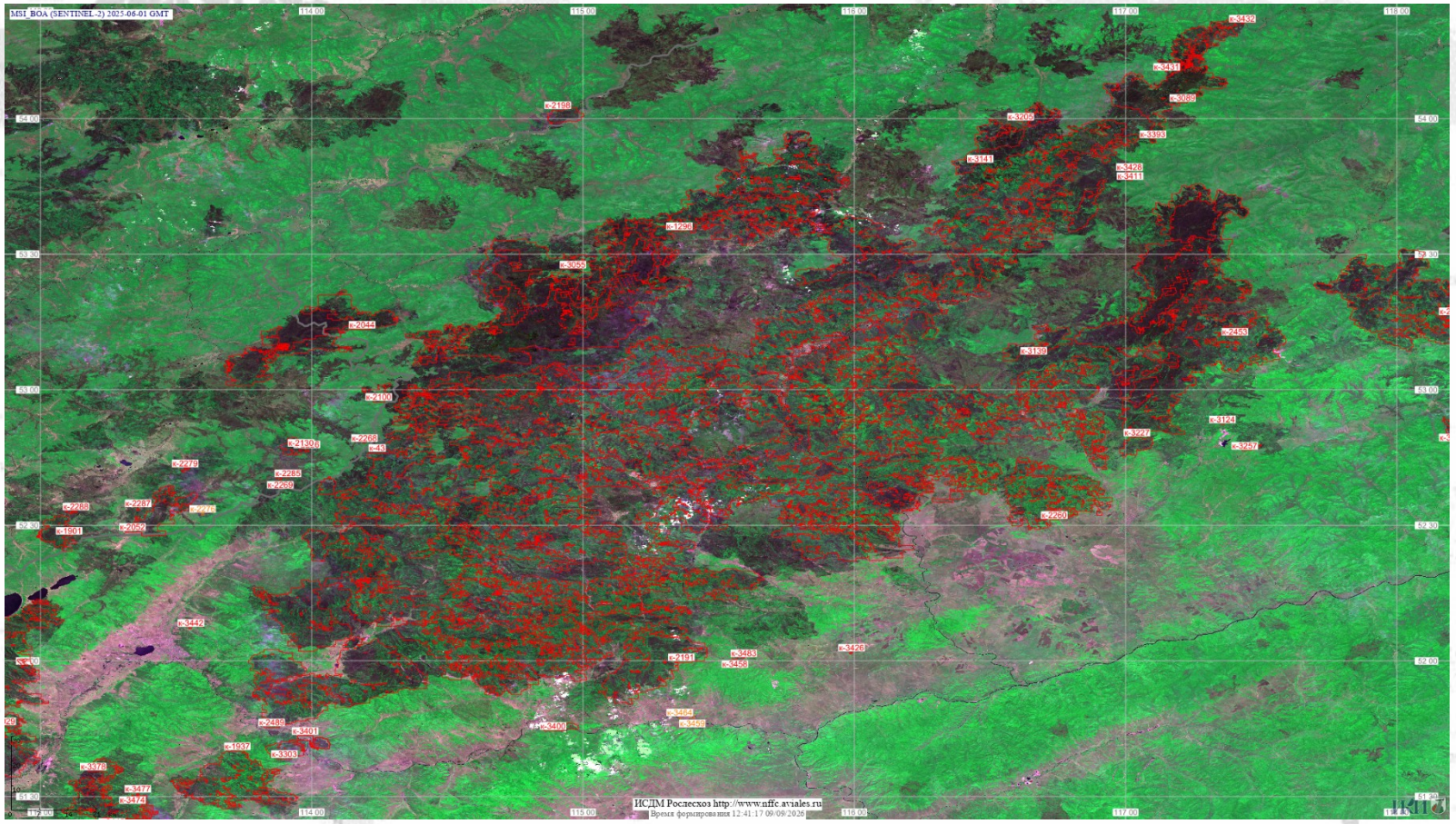


Примеры продуктов на основе данных мониторинга пожаров в разных сервисах

Технология оценки площадей пожаров

- Формируется объект, имеющий предысторию наблюдений
- Отдельные очаги горения интегрируются в общий объект «пожар»
- Полигоны проходят аннотацию по тематическим картам, в т.ч. картам лесов
- Полученные данные позволяют оценивать пройденные огнем площади
- Блок отчетности

Основные проблемы при мониторинге пожаров



Пожар к-43, действовавший с апреля по июнь 2025 года.
Площадь пройденная огнем, 1 291 740 га.

Основные проблемы при мониторинге пожаров

- Данных становится всё больше, топология полигонов существенно усложняется, что приводит к существенному росту затрат на расчеты
- Решением такой проблемы является интеграция растровых методов в существующие блоки расчета и аннотации пожаров
- Расчет всех состояний пожара к-43 при векторной схеме объединения занимает несколько дней. В растровой схеме объединение заняло менее суток.
- Аннотация пожара к-43 по карте типов территории в векторной схеме заняло несколько недель, в растровой делается за несколько часов

Этап расчета полигонов пожаров

- Ключевым подходом на данном этапе является использование растровых слоев, получаемых путем растеризации fsnaps (объединенные полигоны горения в отдельном сеансе) и пожаров, и кодированию их идентификаторов в виде значений пикселей.

- Растровые операции проводятся в проекции данных векторных полигонов горячих точек. Экстент определяется по координатам горячих точек со сцены MODIS. Размер пиксела растра 0.00125

- Погрешность работы метода оценивалась сопоставлением интегральных площадей, пройденных огнем на территории РФ за 2025 год, рассчитанных в результате работы действия растровой и векторной схемы. Ошибка не превышает 2%.

- Так же была проведена оценка ошибки для пожара в 1 пиксель MODIS. Это случайная ошибка оценивается в 35%.

Этап аннотации пожаров

- Создание универсального инструмента расчета “зональной статистики”
- Все тематические слои и полигоны пожаров проходят растеризацию в единой проекции, разрешении для формирования пиксельных матриц. При этом вся необходимая атрибутивная информация кодируется в виде «составных» значений пикселей матрицы.
- Инструмент является ключевым для формирования отчетности (расчет статистик по накопленным полигонам пожаров в разрезе тематических карт)

Итоги и дальнейшие действия

- Реализация и применение растровых методов в двух блоках позволили существенно сократить время, затрачиваемое на расчет и аннотацию пожаров.

- Растровые методы были применены
  - При расчете “отчетности” для 25-летнего ряда пожаров на территории России по данным MODIS. Расчеты с использованием двух серверов и 5 потоков заняло 5 дней. Ранее такой расчет занимал бы до месяца.
  - В блоке расчета пожаров Вега оперативное объединение в пожары горячих точек всех источников данных

Заключение

- Растровые методы могут существенно ускорить время расчета и аннотации сверх-крупных пожаров
- Методы позволяют получать оценки с небольшими отклонениями относительно “векторного” метода
- Методы могут применяться совместно с векторными методами для повышения точности оценок при аннотации некрупых пожаров
- Являются ключевым решением при решении задач глобального оперативного мониторинга по многим источникам
- Альтернативным вариантом может являться схема на основе векторного подхода и разбиения объектов на ячейки. Однако такая схема потребует глубокой переработки существующих блоков расчета и хранения 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»