

Адаптация алгоритма детектирования пожаров MOD14 для работы с данными MSU-MP

Лозин Д.В., Матвеев А.М., Кашницкий А.В., Лупян Е.А.

Институт Космических Исследований РАН

Актуальность проблемы и основная задача

- **Детектирование пожаров** по данным спутников ДЗЗ – технология, обеспечивающая возможность круглосуточного дистанционного **мониторинга пожаров** и **оперативного** автоматизированного **контроля лесопожарной обстановки** на всей территории России.
- Одним из наиболее **устойчивых и надежных алгоритмов детектирования пожаров** по спутниковым данным является алгоритм **MOD14**, рассчитанный на работу с данными прибора **MODIS**, установленного на спутниках **TERRA** и **AQUA**.
- Большой **интерес** представляет исследование возможностей детектирования пожаров **по данным с приборов**, для которых еще **не было разработано подобных алгоритмов**.



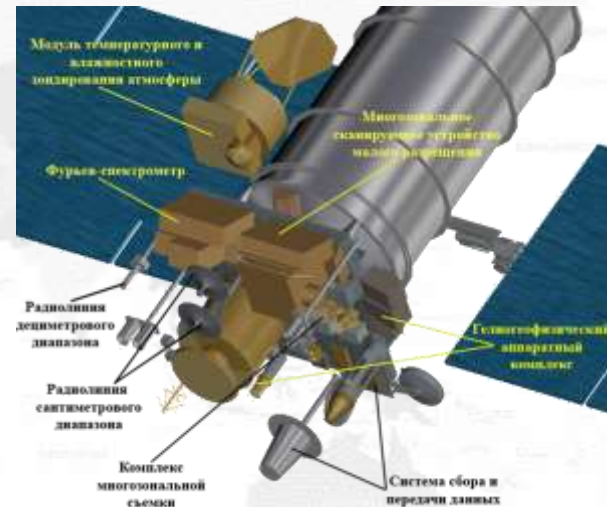
Лесной пожар в сибирской тайге

Задача

Разработка методов детектирования пожаров по данным с прибора **МСУ-МР**, установленном на отечественном метеорологическом спутнике **Метеор-М №2-2**

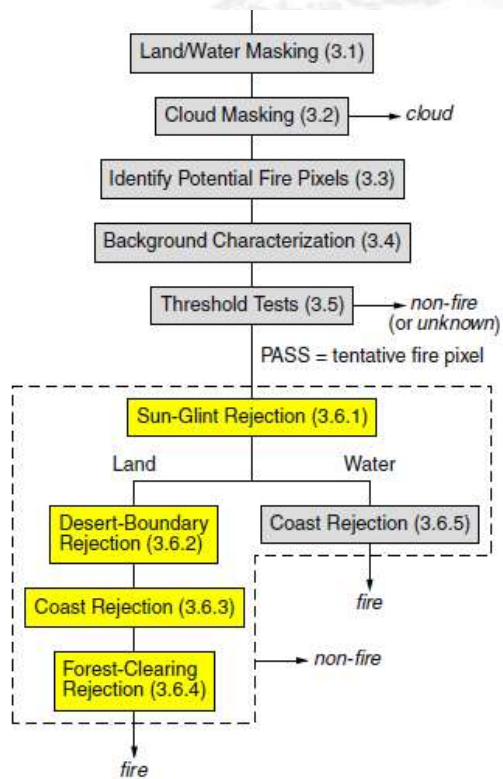
Решение:

Использование модифицированного MOD14 для работы с данными МСУ-МР



Основная целевая аппаратура космического аппарата «Метеор-М» №2-2

Схема реализации MOD14



Секции MOD14, адаптируемые для МСУ-МР:

- Маскирование воды
- Маскирование облачности
- Идентифицированные потенциальных хотспотов
- Характеристика фона
- Тестовая секция
- Фильтрация горячих поверхностей

Построение обучающей выборки

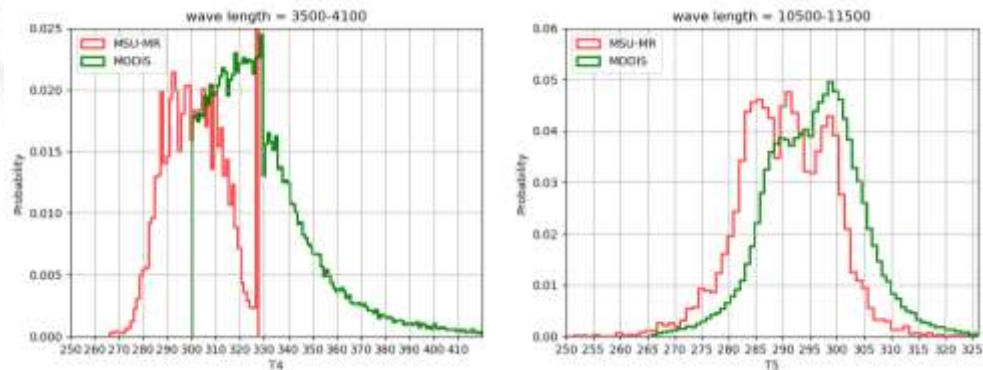
- Положительная выборка составлялась из наборов параметров, рассчитанных по данным МСУ-МР в точках, где был зарегистрирован пожар
- Для локализации пожаров на снимках МСУ-МР использовалась информация о горячих точках, детектированных по данным MODIS на территории РФ за 2021 год
- Каждой такой точке подбирался покрывающий ее сеанс МСУ-МР. Время такого сеанса отличалось от времени регистрации точки не более, чем на 30 минут
- Объем итоговой положительной выборки составил 13351 наборов
- Отрицательная выборка строилась по наборам сеансов МСУ-МР, покрывающих области, на которых не было зарегистрировано горячих точек MODIS в день этого сеанса
- Объем отрицательной выборки составил 451848 наборов

Параметр	Краткое описание
R_2	Коэффициент отражения в канале 2 (700-1100 нм)
T_4	Яркостная температура в канале 4 (3500-4100 нм)
T_5	Яркостная температура в канале 5 (10500-11500 нм)
dT	$T_4 - T_5$
$T_{4_mean}, T_{5_mean}, dT_mean$	Средние значения фона вокруг горячей точки
$T_{4_mad}, T_{5_mad}, dT_mad$	Абсолютное среднее отклонение фона
Bkg_fire_mad	Статистика по высокотемпературной части фона

Описание параметров горячих точек выборки

Модифицированный MOD14

- Основная часть алгоритма MOD14 - вычисление **тестовых выражений**, использующих **параметры из наборов** для каждой точки сцены, и **сравнение** данных параметров с **пороговыми значениями**
- Модификация алгоритма MOD14 - изменение **коэффициентов тестовых выражений и пороговых значений** таким образом, чтобы алгоритм срабатывал положительно на обучающей выборке горячих точек и отрицательно на выборке точек, не являющимися горячими.
- Для этого был проведен **анализ распределений яркостных температур** горячих точек в каналах со схожим спектральным диапазоном **МСУ-МР (4 и 5 каналы) и MODIS (21 и 31 каналы)**



Распределения яркостных температур горячих точек по данным МСУ-МР и MODIS.

Слева: канал 4 МСУ-МР (3500-4100 нм) и канал 21 MODIS (3929-3989 нм) (значение по вертикальной оси красной линии в точке 327 по горизонтальной оси достигает 0.28)

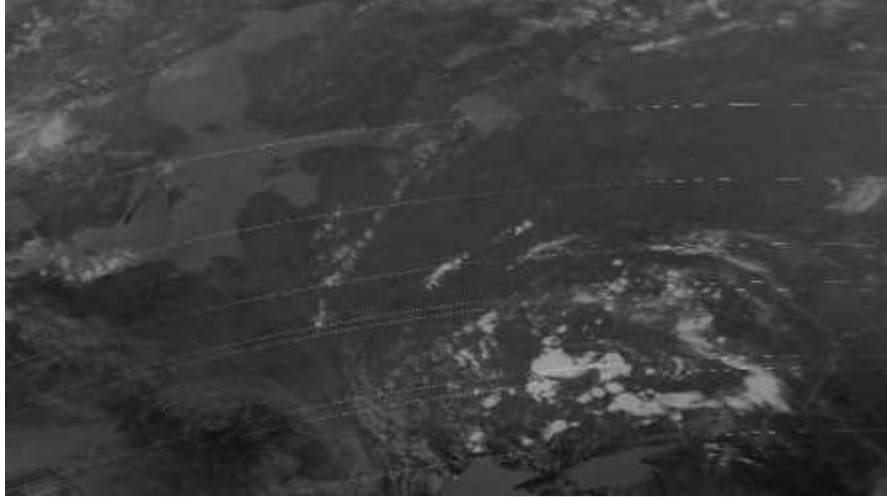
Справа: канал 5 МСУ-МР (10500-11500 нм) и канал 31 MODIS (10780-11280 нм)

Географическая допривязка сеансов



Пример работы алгоритма допривязки сцены МСУ-МР по береговой линии

Фильтрация сеансов со сбоями



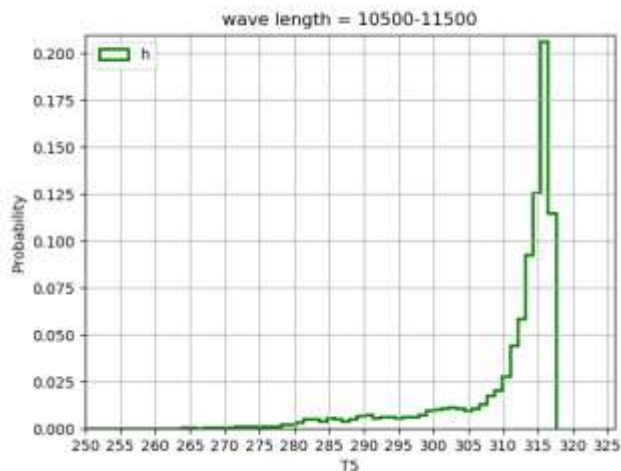
- **Слева** : область сцены, снятой спутником МСУ-МР (04.08.2022 12:13:54). На сцене видны сбойные полосы
- **Справа** : область сцены, снятой спутником МСУ-МР (01.08.2022 22:10:02). На сцене единичные помехи

Маскирование воды



- **Слева:** маска воды по данным MODIS
- **Справа:** заглубленная маска воды для предотвращения ошибки фильтрации из-за разной привязки данных MODIS и МСУ-МР

Фильтрация горячих поверхностей

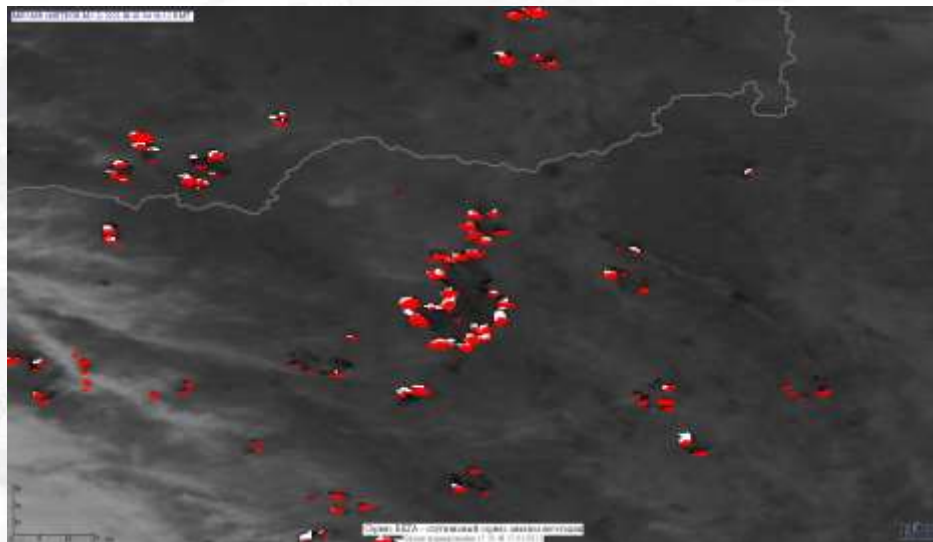
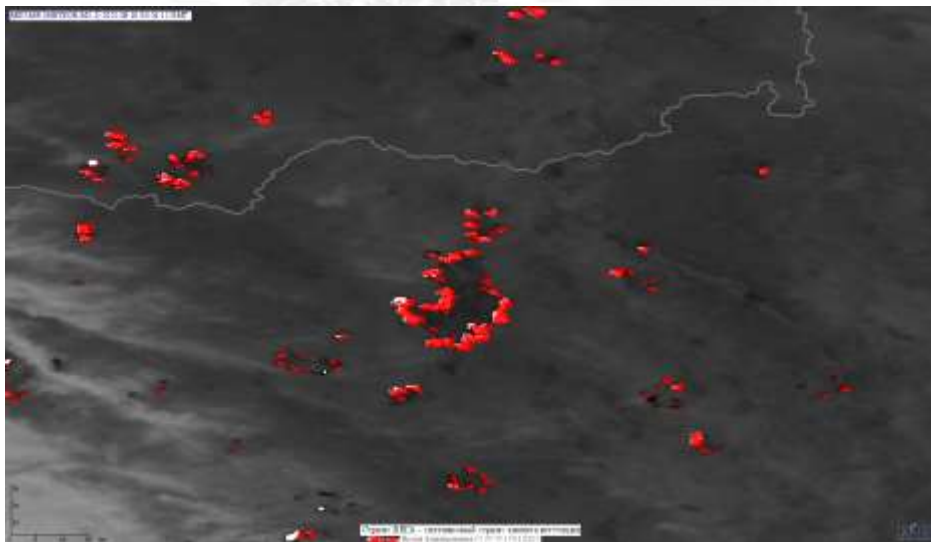


Распределение яркостных температур на горячих поверхностях по данным МСУ-МР в 5 канале

Работа фильтров на выборках ложных детектирований на горячих поверхностях и выборке горячих точек

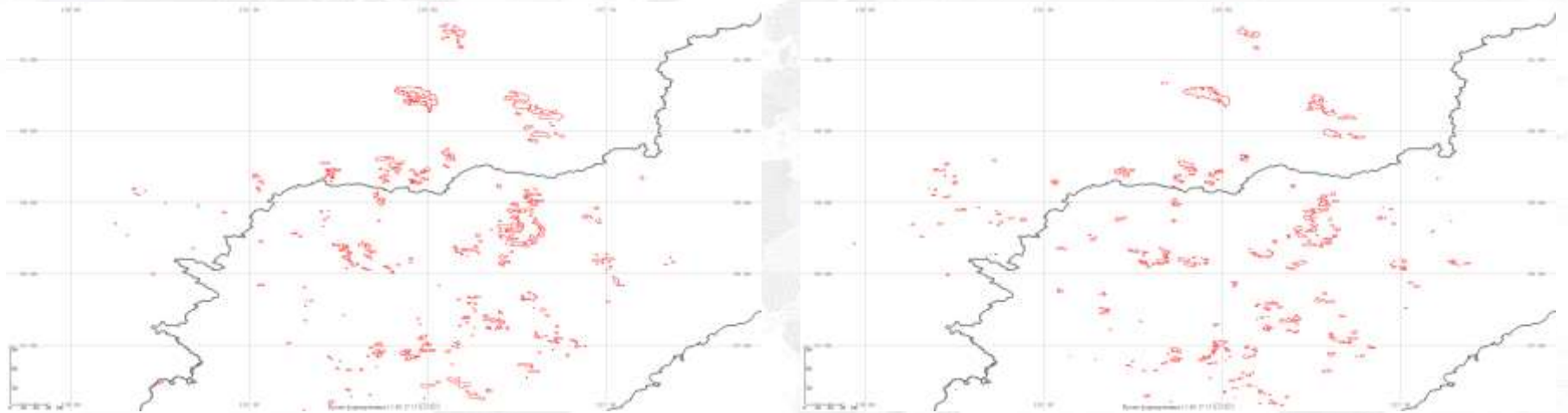
	Всего	T4=327	T5>310	T5>310 T4=327	R2>0.15	R2>0.15 T5>310 T4=327
ЛД на горячей пов-сти	164072	137820	120846	115267	159790	149404
Горячие точки из выборки	13351	4603	116	84	6201	53

Результаты



- **Слева:** пример работы модифицированного алгоритма MOD14 на рассматриваемой области сцены , снятой спутником МСУ-МР (01.08.2022 04:56:12). Красным выделен результат работы алгоритма
- **Справа:** пример работы алгоритма MOD14 на данных MODIS за 1 августа. Красным выделен результат работы алгоритма

Результаты



Сравнение контуров пожаров, сформированных на основе результатов работы модифицированного алгоритма MOD14 на данных МСУ-МР (слева) и на основе работы MOD14 на данных MODIS (справа) с 1 по 10 августа

Результаты

Сравнение работы детектирования горячих точек по данным MODIS и МСУ-МР на областях с общей географической областью зарегистрированных горячих точек 1 -10 августа 2022

Дата/время одного из сеансов МСУ-МР	Количество сеансов МСУ-МР с общей областью интереса	Кол-во сеансов MODIS покрывших сеанс МСУ-МР за данный промежуток времени	Горячих точек MODIS совпало с точками МСУ-МР	Горячих точек MODIS в кольце радиуса 1 вокруг точек МСУ-МР	Горячих точек MODIS в кольце радиуса 2 вокруг точек МСУ-МР	Несоответственных точек МСУ-МР	Несоответственных точек MODIS	Всего точек МСУ-МР	Всего точек MODIS
01.08.2022	3:18:59	2	19	1085	665	232	1996	631	2613
02.08.2022	2:57:29	3	12	197	116	43	458	331	687
03.08.2022	9:14:57	3	23	567	475	178	684	294	1514
01.08.2022	10:03:21	1	13	339	297	178	423	253	1067
03.08.2022	5:50:45	1	9	25	16	16	40	47	104
04.08.2022	7:12:40	1	12	19	13	5	2	64	101
05.08.2022	0:21:10	2	16	490	231	80	757	547	1348
06.08.2022	8:05:55	2	16	252	294	199	574	978	1723
06.08.2022	3:05:18	1	7	12	21	9	37	38	80
07.08.2022	7:43:16	2	19	46	22	18	184	1956	2042
08.08.2022	9:00:10	2	20	1250	929	413	1003	867	3459
08.08.2022	3:56:58	2	13	456	231	112	530	400	1199
09.08.2022	10:20:26	3	25	988	344	140	1960	741	2213
09.08.2022	3:34:55	2	15	282	280	183	464	136	881
10.08.2022	3:13:08	1	4	12	3	12	14	15	42
10.08.2022	0:06:28	3	18	592	304	143	1339	582	1621
				6612	4241	1961	10465	7880	20694

Всего сопоставленных MODIS:

12814

	Число лесных пожаров	Лесная площадь пожаров (га)	Лесная площадь пожаров без коррекции (га)
МСУ-МР	517	499 405	868 238
MODIS	639	540 335	906 434

Выводы

- Данные, получаемые с прибора МСУ-МР, могут быть использованы для детектирования пожаров
- Данные требуют дополнительной обработки (фильтрация помех и географическая допривязка), которая была реализована в рамках адаптации MOD14
- Предложенный метод детектирования показывает хороший результат на изучаемом отрезке времени (с 1 по 10 августа 2022)
- Для устойчивой и надежной работы методов детектирования на всех сценах МСУ-МР необходимо:
 - Проверить работу алгоритма за большой промежуток времени
 - Уточнить алгоритм с помощью дополнения отрицательных и положительных выборок

Спасибо за внимание!

[*http://smiswww.iki.rssi.ru*](http://smiswww.iki.rssi.ru)

Лозин Дмитрий Владиславович
lozin@d902.iki.rssi.ru

**Отдел «Технологий
спутникового
Мониторинга»**

