

Итоги космического мониторинга пожароопасного периода за сезон 2014 года

Пермь, 2014

Пономарчук А.И.

Кафедра картографии и геоинформатики ПГНИУ, доцент
МИП «Центр космических технологий и услуг», с.н.с.

Факты о лесных пожарах на территории Пермского края

Общая статистика по годам, эффективность космического мониторинга «стандартными» средствами

Актуальность темы

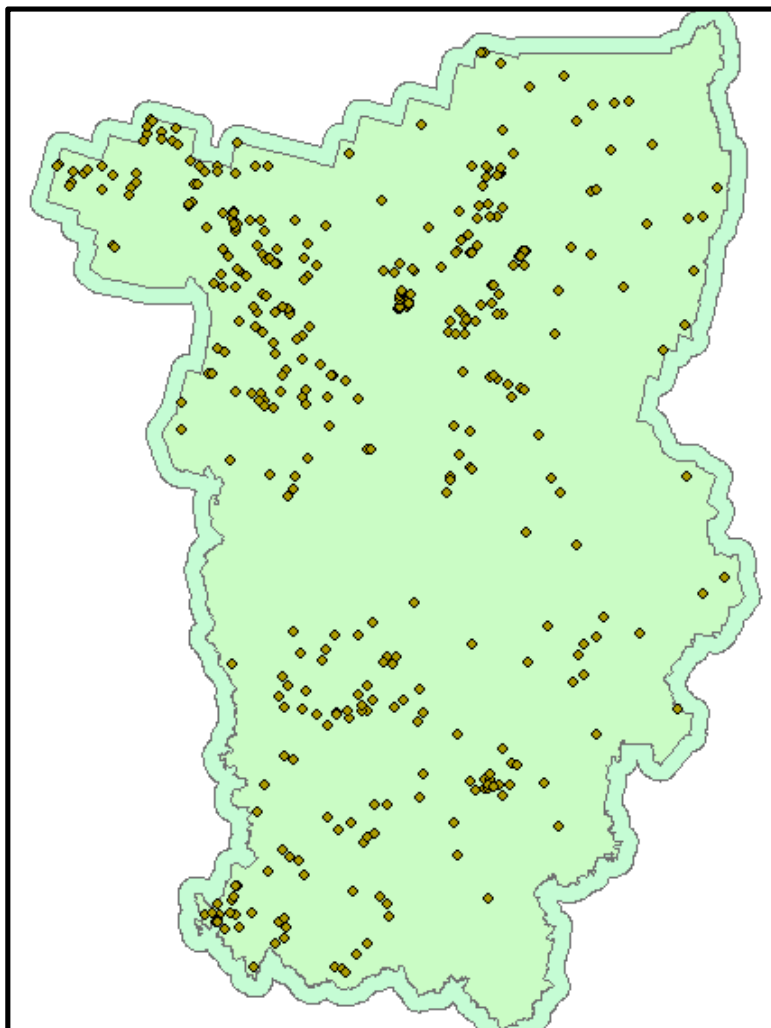
- Ущерб от природных (молнии) и антропогенных (небрежность в лесу) пожаров огромен
- Основные причины, усугубляющие урон:
 - позднее обнаружение пожаров
 - сложность доставки сил и средств пожаротушения
- Особенности удаленных районов:
 - низкая плотность населения
 - слабая развитость инфраструктуры
 - как следствие – разные критерии для понятия «крупный пожар» даже на нормативном уровне (вообще – 25 га, но для Сибири и Дальнего Востока – 200 га)

Общая статистика пожаров за период 2010..14 гг.

	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Кол-во пожаров	411	188	80	234	109	1 022
Площадь обнаружения, га	1 380,3	239,1	55,7	231,3	136,8	2 043,24
Площадь ликвидации, га	25 406,7	887,0	229,2	762,6	352,3	27 637,78
Соотношение площадей	1:18.4	1:3,7	1:4,1	1:3,3	1:2,6	1:13,5
Кол-во термоточек (порог 295/290К)	-	585	182	346	343	1 456
Соотношение количества пожаров и термоточек	-	1:3,1	1:2,3	1:1,5	1:3,1	1:1,4

Пожары: по данным Лесопожарного центра ПК
Термоточки: алгоритм MOD14 (сенсор MODIS)
с модифицированными параметрами
(пороговые значения T21: 295К днем и 290К ночью)

Распределение пожаров в течение сезона 2010 г.

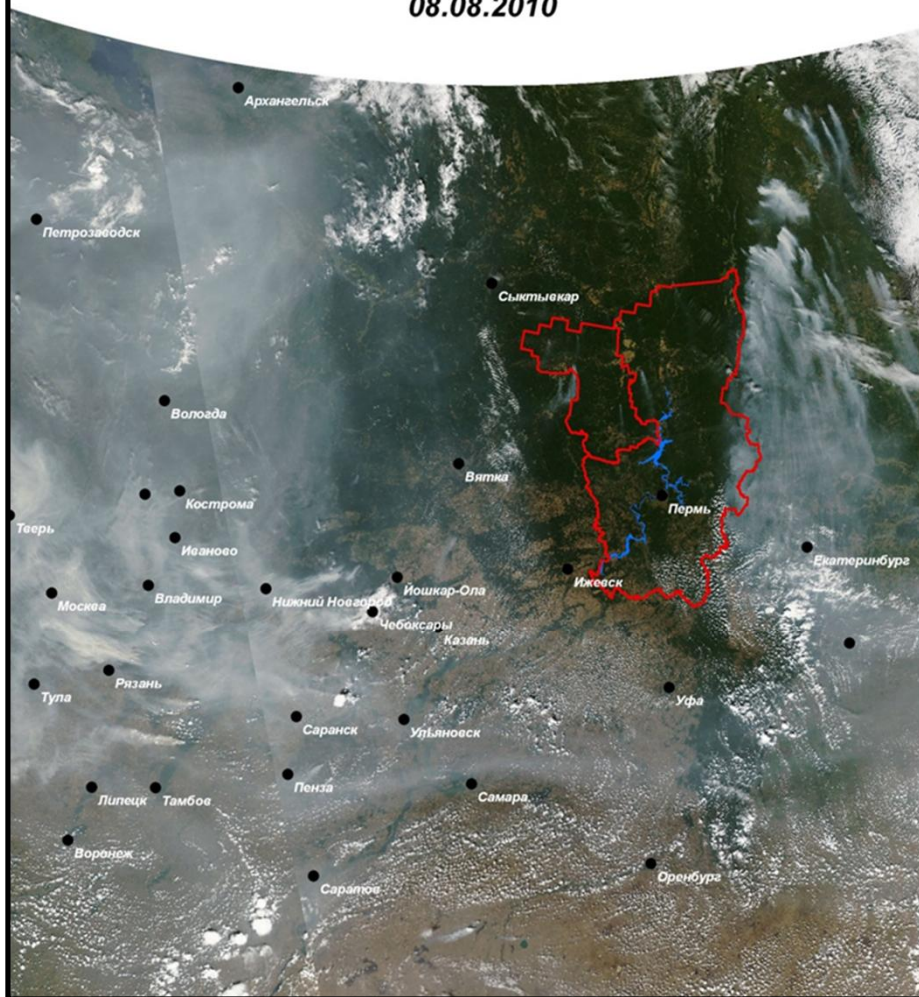


2010 год
(«аномальный год»)
пожары: 411 очагов
площадь обнаружения: 1 380,3 га
площадь ликвидации: 25 406,7 га

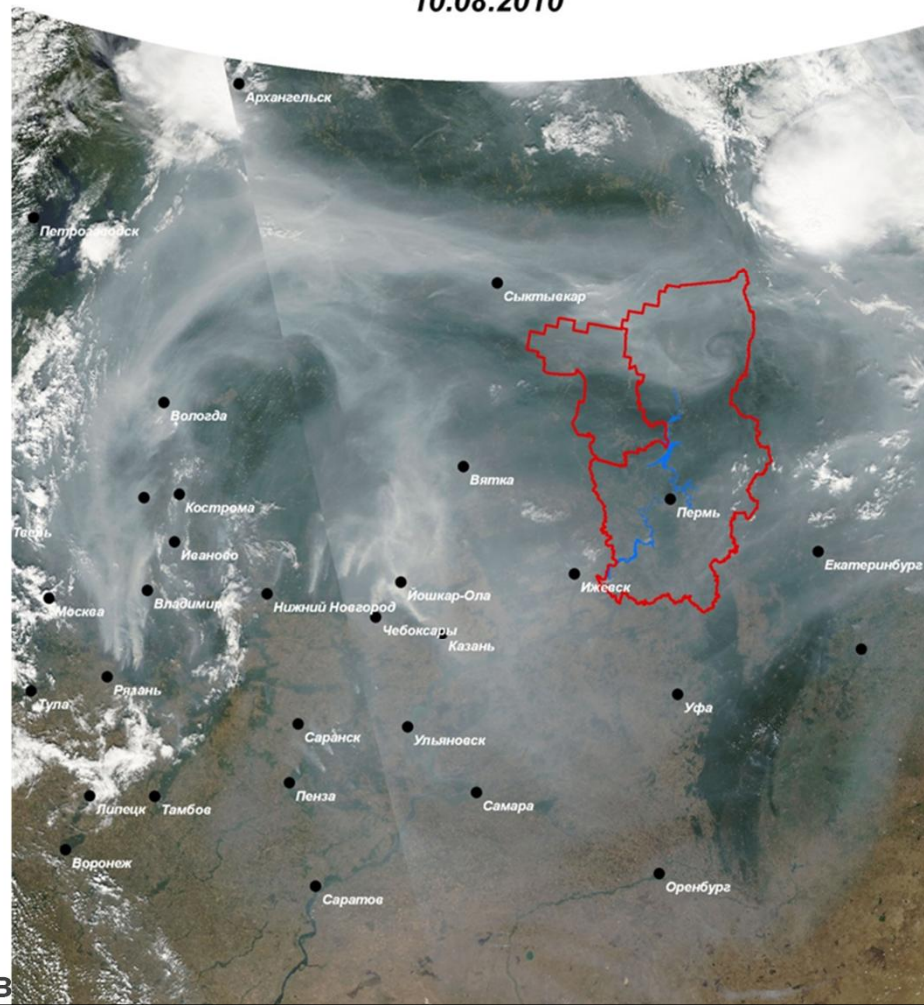
Пожары 2010 года были настолько крупными, что их последствия (дымы) можно было наблюдать на снимках низкого разрешения (250..500..1000.. м на пиксел)

Задымления от крупных пожаров (август 2010 г.)

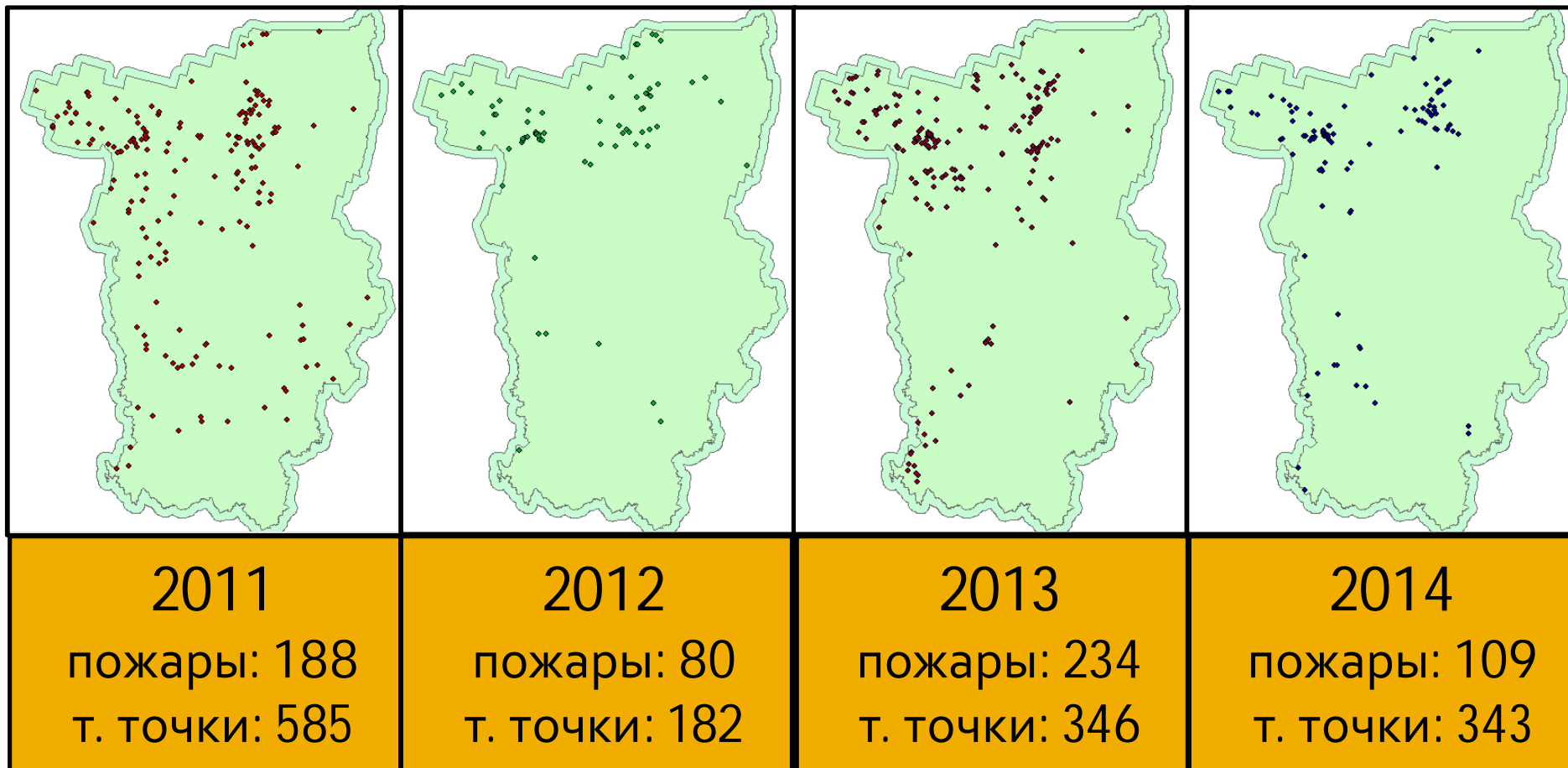
Дым от лесных пожаров над ЕТР и Уралом
(композитный снимок Modis Aqua, 500м)
08.08.2010



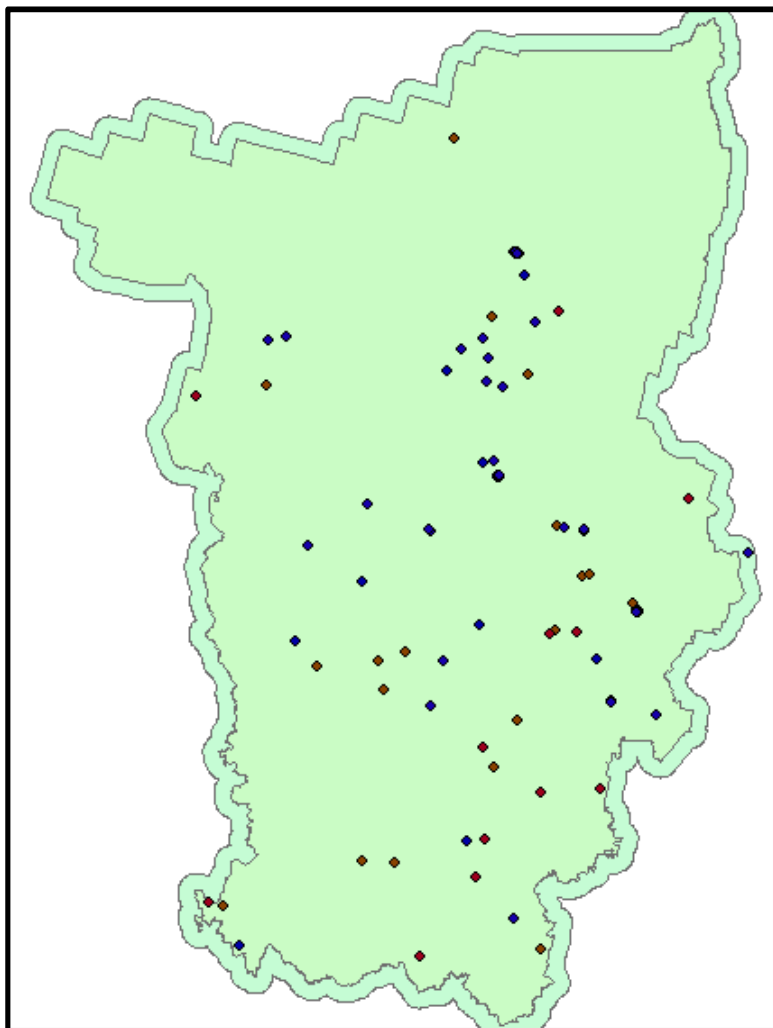
Дым от лесных пожаров над ЕТР и Уралом
(композитный снимок Modis Aqua, 500м)
10.08.2010



Распределение пожаров по годам за период 2011..2014 гг.



Распределение техногенных очагов за период 2011..2014 гг.



Причины возникновения техногенных очагов

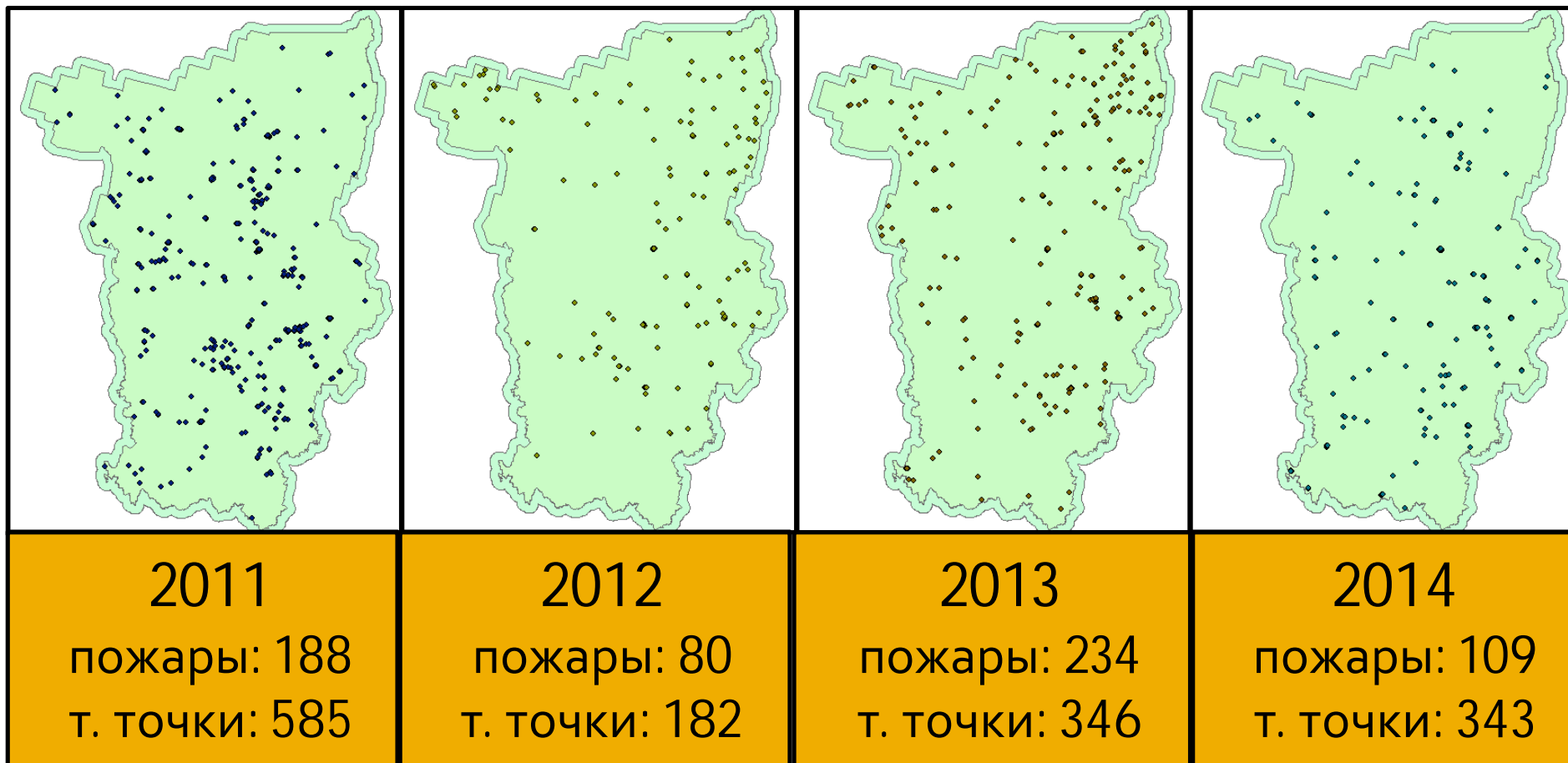
«сельхозпалы»

нефтяные/газовые факела

сжигание мусора, отходов

Назначение задачи мониторинга техногенных пожаров – формирование **базы данных** для исключения заведомо ложных сигналов детектирования

Распределение термоточек по годам за период 2011..2014 гг.



Справка: эффективность типовых алгоритмов для лесов России

- Применение данных MODIS для обнаружения пожаров – доля обнаружений средствами космического мониторинга (прежде, чем...)
 - 5% (Мурманская область, 2010)
 - 6% (Пермский край, 2011)
 - 17% (Томская область, 2003)
 - Сибирь и Дальний Восток – **наиболее высокий процент** (причина – разные критерии «крупного пожара»)
- **Что можно сделать?**

Пути снижения ущерба: что можно сделать?

- **Своевременность** обнаружения пожаров
 - наземное наблюдение (посты наблюдения, видеокамеры...)
 - авиационное наблюдение (местная авиация, БПЛА...)
 - космическое наблюдение (спутники, сенсоры, алгоритмы)
- **Оптимизация сил и средств** пожаротушения
 - размещение постов наблюдения (близость к опасным участкам, возможность охвата больших территорий)
 - оптимальное размещение сил и средств пожаротушения (близость к опасным участкам, быстрота доставки)
 - оптимизация маршрутов доставки в конкретные районы
- **Комплексный подход**
 - средства и алгоритмы детектирования пожаров
 - применение методов пространственного анализа (геоинформационных технологий)

Комплексный подход: детектирование + ГИС анализ

*Детектирование по данным ДЗЗ, пространственное и
вероятностно-статистическое моделирование*

Объединение возможностей ДЗЗ и пространственного анализа

Средства и алгоритмы детектирования

- Повышение чувствительности метода
 - новые технологии... (будущие перспективы)
 - **методы обработки (алгоритмы)**
- Последствия (частично)
 - повышение «шума», количества ложных сигналов

Применение геоинформационных технологий

- Снижение уровня «шума»
 - **учет пространственных условий возникновения пожаров (природные и антропогенные влияния)**
- Оптимизация сил и средств... (вне нашей задачи)

Модификация (настройка) алгоритма MOD14 (Active Fires)

Условия применения	Стандартный Алгоритм	Модифицированный алгоритм
день	$\min(T_4) = 310\text{K}$	$\min(T_4) = 280\text{K}$ (подбор оптимума)
ночь	$\min(T_4) = 305\text{K}$	$\min(T_4) = 275\text{K}$ (подбор оптимума)

За основу взят вариант «MODIS Collection 6» от Rapid Response Team, реализованный в пакете IPOPP (Direct Readout Laboratory, NASA)

Подбор оптимальных параметров

- Общий подход:
 - Результаты детектирования (2011 год) сопоставлены с фактами (близость в пространстве и времени)
 - Параметр $\min(T_4)$ подбирался так, чтобы **максимизировать целевую функцию** – «достоверность детектирования»:

$$\max \left(\frac{\text{число подтвержденных термоточек}}{\text{общее число термоточек}} \right)$$

- Классификация на «природные» и техногенные пожары по пространственному признаку:
 - территории, покрытые густой лесной растительностью
 - безлесные территории, близкие к промышленным объектам

Предлагаемые параметры модификации алгоритма MOD14

Условия применения	Стандартный Алгоритм	Модифицированный алгоритм
день	$\min(T_4) = 310\text{K}$	$\min(T_4) = 295\text{K}$ (оптимум)
ночь	$\min(T_4) = 305\text{K}$	$\min(T_4) = 290\text{K}$ (оптимум)

При «оптимальных» значениях $\min(T_4)$:

- достоверность детектирования (49.7%) остается на уровне стандартного алгоритма (49.5%)
- число подтвержденных точек возрастает в 3.76 раза
- число детектированных термоточек возрастает в 6.02 раза

Итоги модификации алгоритма MOD14 (Active Fires)

- Формально «качество» детектирования (общее число подтвержденных термоточек) **улучшилось**
- На самом деле – нас интересуют не пожары «вообще», а пожары «природные» (лесные)
- Для **лесных пожаров** число детектированных термоточек **возросло**, достоверность – **снизилась**

Вывод:

- Требуются дополнительные способы повышения достоверности детектирования лесных пожаров – например, учет свойств территории

Вероятностно-статистическая модель: общие соображения

- Пространственно-распределенные факторы (природные и антропогенные) влияют на способность территории «генерировать пожары»
- Природно-климатические условия также влияют на уровень пожарной опасности, меняющийся от года к году и в пределах пожароопасного сезона
- Степень влияния отдельных факторов на способность территории к «генерации пожаров» можно получить на основе **статистической оценки вероятностной модели возникновения пожаров**

Вероятностная модель: простейший стационарный вариант

$$P(H \cap C_{ij}) = P(H)P(C_{ij}|H) = P(C_{ij})P(H|C_{ij})$$

Здесь обозначены события

H – событие «возгорание произошло»

C_{ij} – природный фактор C_i имеет значение C_{ij}

Условие нормировки:

$$\sum_{j=1}^M P(C_{ij}|H) = 1$$

Связь вероятности возгораний со статистикой наблюдений

Приближенное соотношение

$$P(C_{ij}|H) = p_{ij} = \frac{F_{ij}}{F}$$

где

F – общее число возгораний за период времени

F_{ij} – число возгораний при значении фактора C_{ij}

позволяет **оценить вероятность** на основании статистических наблюдений **частотности природных пожаров**, возникающих при действии фактора C_{ij}

Степень влияния отдельного фактора на вероятность возгорания

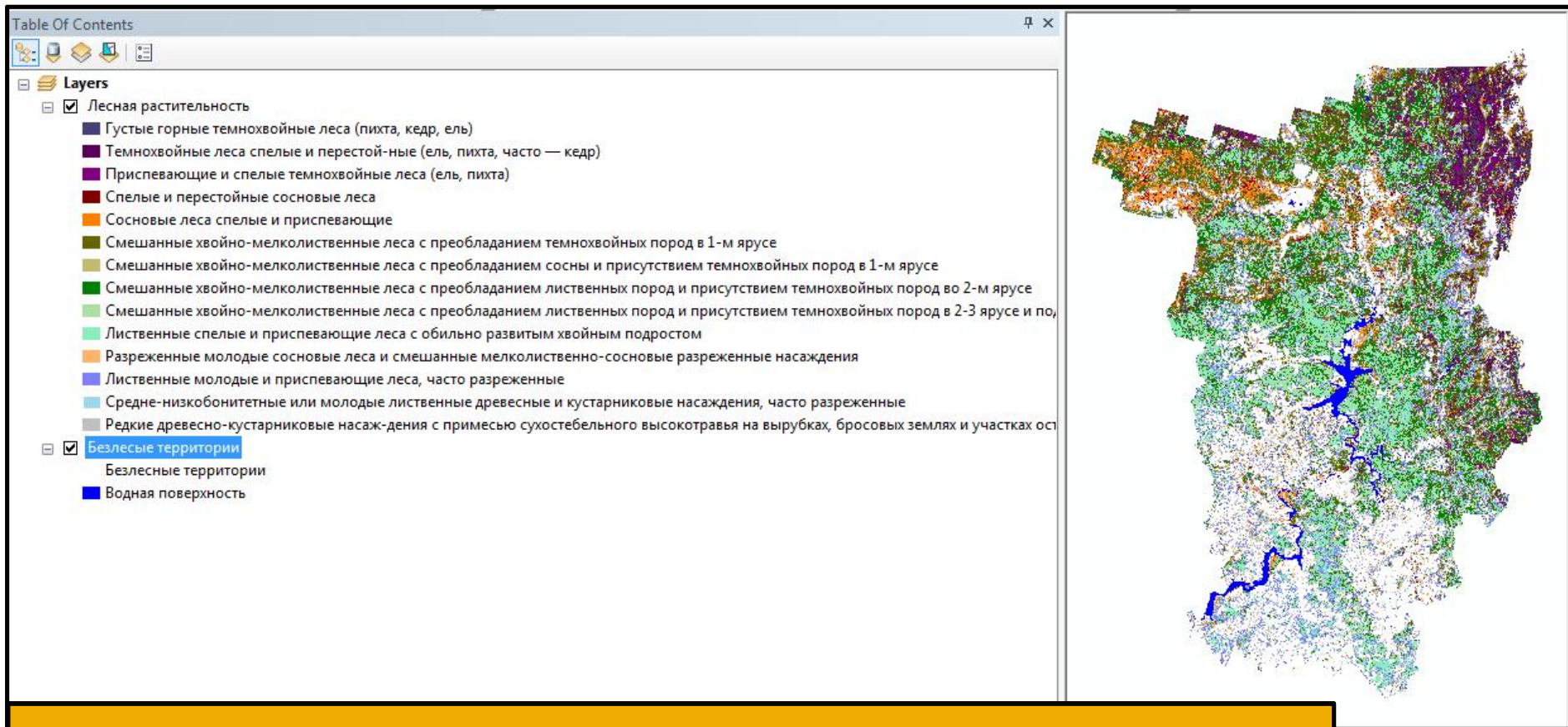
Значения фактора C_{ij} имеют различный «вес», определяемый площадью распространённости. Для устранения зависимости от этого используется величина

$$S_{ij} = S(C_{ij}) = \frac{P(H|C_{ij})}{P(H)} = \frac{P(C_{ij}|H)}{P(C_{ij})}$$

характеризующая относительную «интенсивность» возгораний «по причине» фактора C_{ij} .

Предполагается, что интенсивность является более-менее **объективной характеристикой** фактора C_{ij} .

Распределение растительности по территории Пермского края

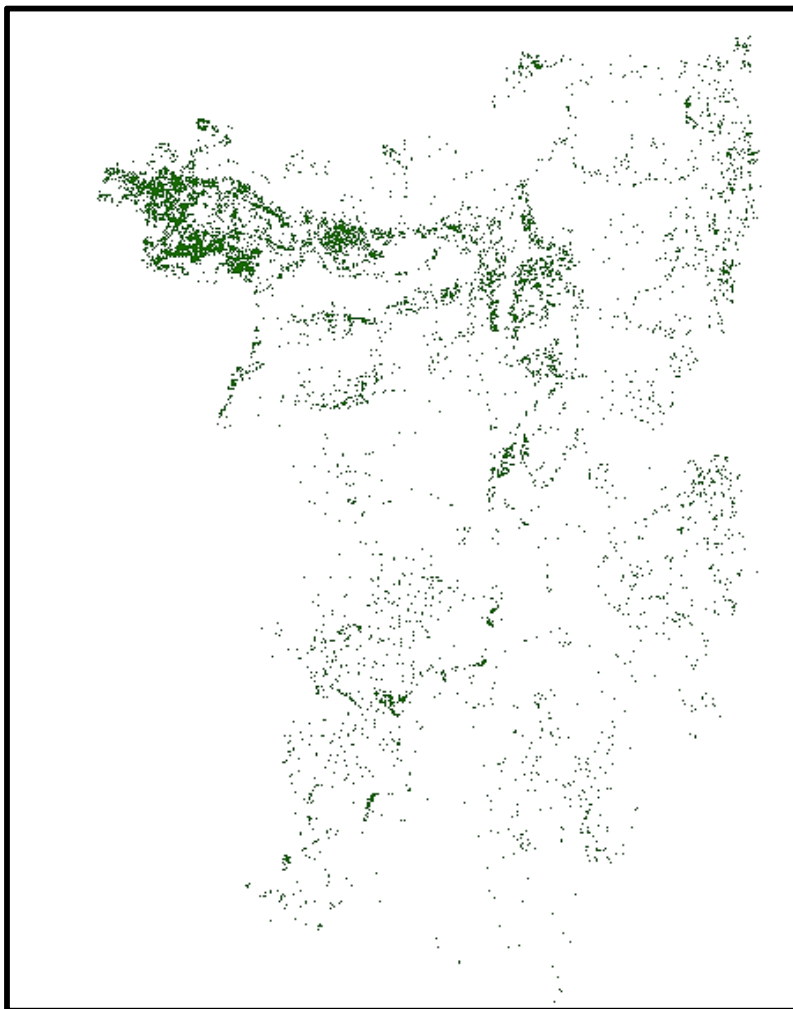


Данные о распределении растительности получены на основе анализа снимков низкого разрешения (MODIS)

Статистика распределения пожаров по видам растительности

Taxon	Area, sqkm	Area, %	2010	2011	2012	2013	2014	Total	Freq. abs.	Intensity	Intensity rel.
1	1 838,44	1,14%	4	2	0	1	0	7	0,68%	0,59	2,72%
2	3 814,12	2,37%	6	2	2	3	1	14	1,36%	0,57	2,62%
3	6 492,44	4,03%	13	6	1	9	3	32	3,10%	0,77	3,51%
4	1 036,81	0,64%	13	4	4	8	4	33	3,19%	4,96	22,70%
5	4 389,88	2,73%	42	11	11	21	18	103	9,97%	3,66	16,73%
6	20 384,37	12,67%	66	26	13	41	12	158	15,30%	1,21	5,53%
7	6 510,00	4,05%	23	9	3	11	6	52	5,03%	1,24	5,70%
8	17 543,06	10,90%	26	8	2	28	5	69	6,68%	0,61	2,80%
9	14 592,44	9,07%	14	12	2	6	3	37	3,58%	0,40	1,81%
10	12 684,69	7,88%	9	6	3	2	1	21	2,03%	0,26	1,18%
11	2 505,25	1,56%	17	8	3	16	5	49	4,74%	3,05	13,95%
12	17 528,62	10,89%	41	21	15	20	18	115	11,13%	1,02	4,68%
13	10 174,19	6,32%	22	9	2	10	5	48	4,65%	0,74	3,36%
14	11 011,94	6,84%	40	11	8	24	9	92	8,91%	1,30	5,96%
15	27 429,94	17,04%	83	49	12	34	18	196	18,97%	1,11	5,10%
16	2 998,38	1,86%	2	3	0	1	1	7	0,68%	0,36	1,66%
	160 934,56	100,00%	421	187	81	235	109	1 033	100,00%	21,85	100,00%

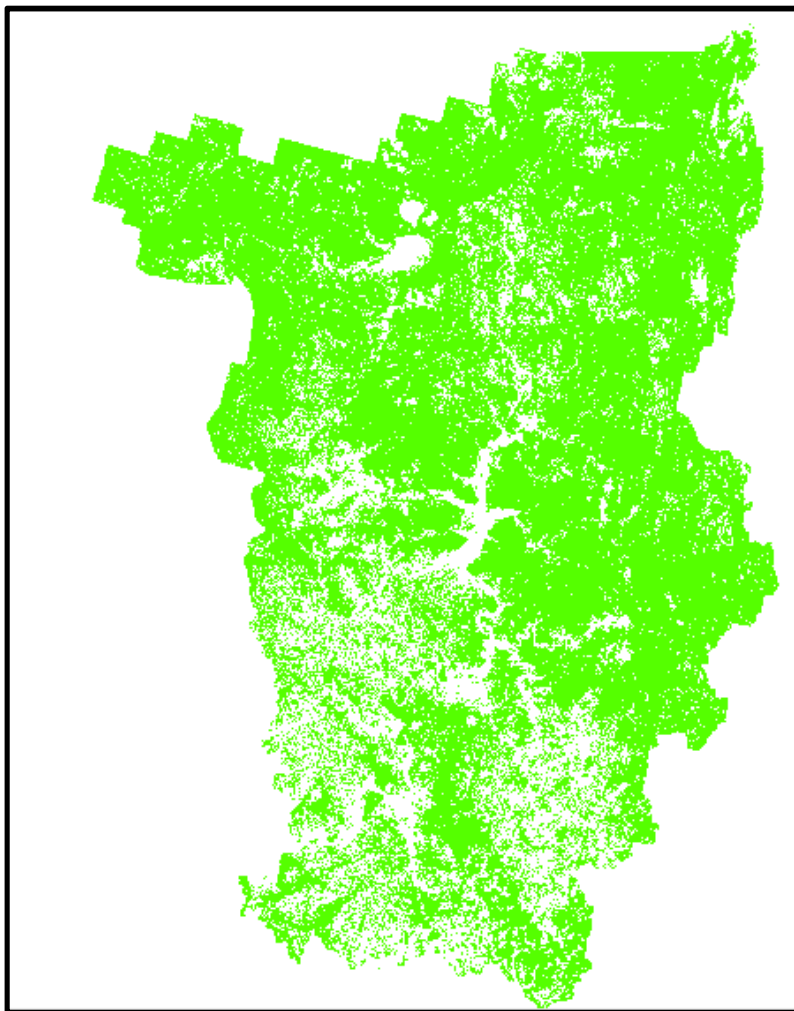
Распределение «выделенных» видов растительности



Распределение растительности:
объединение категорий
«(4) Спелые и перестойные
сосновые леса»;
«(5) Сосновые леса спелые и
приспевающие»;
«(11) Разреженные молодые
сосновые леса и смешанные
мелколиственно-сосновые
разреженные насаждения»

В сумме они занимают 4.93%
территории и 53.38% от суммы
«относительной интенсивности»)

Распределение типа растительности «лес густой высокий»



Распределение растительности:
категория «леса густые высокие»
(занимают 75.5% территории
Пермского края)

Распределение пожаров по категории «лес густой высокий»

Taxon	Area, sqkm	Area, %	2010	2011	2012	2013	2014	Total	Freq. abs.	Intensity	Intensity rel.
1	121 465,78	75,48%	329	125	64	183	86	787	77,01%	1,02	52,11%
2	39 468,79	24,52%	82	63	16	51	23	235	22,99%	0,94	47,89%
	160 934,56	100,00%	411	188	80	234	109	1022	100,00%	1,96	100,00%

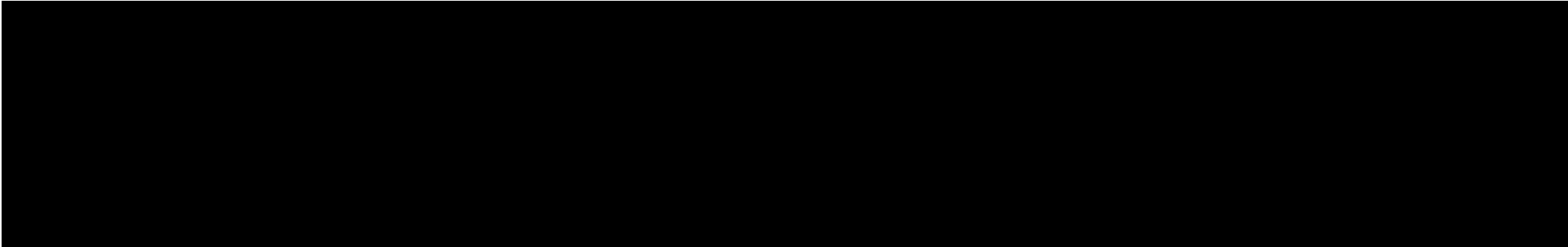
- В отличие от рассмотренной выше классификации (всего 16 таксонов), выделение категории «лес густой высокий» не оказывает практического влияния на частотность **обнаружения** лесных пожаров
- Одной из возможных причин могут являться **устаревшие данные** по типам растительности

Заключение

Важность сбора качественных пространственных данных по факторам влияния и по статистике пожаров

Выводы

- Использование статистики многолетних наблюдений за пожарами позволяет повысить достоверность детектирования за счет привлечения дополнительных оценок и выводов, например:
 - «возгорание в данной точке пространства с вероятностью p_{ij} случилось под действием фактора C_{ij} »
 - в зависимости от смысла фактора C_i можно будет говорить о «природном» или техногенном характере возгорания, или – констатировать возникновение ложного сигнала
- Качество данного подхода зависит от качества фактических данных о пожарах (местоположениях) и об учитываемых факторах



**Спасибо
за внимание!**