

ПОСТРОЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРИБЛИЖЕНИЙ ФУНКЦИИ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ИНТЕРЕСАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

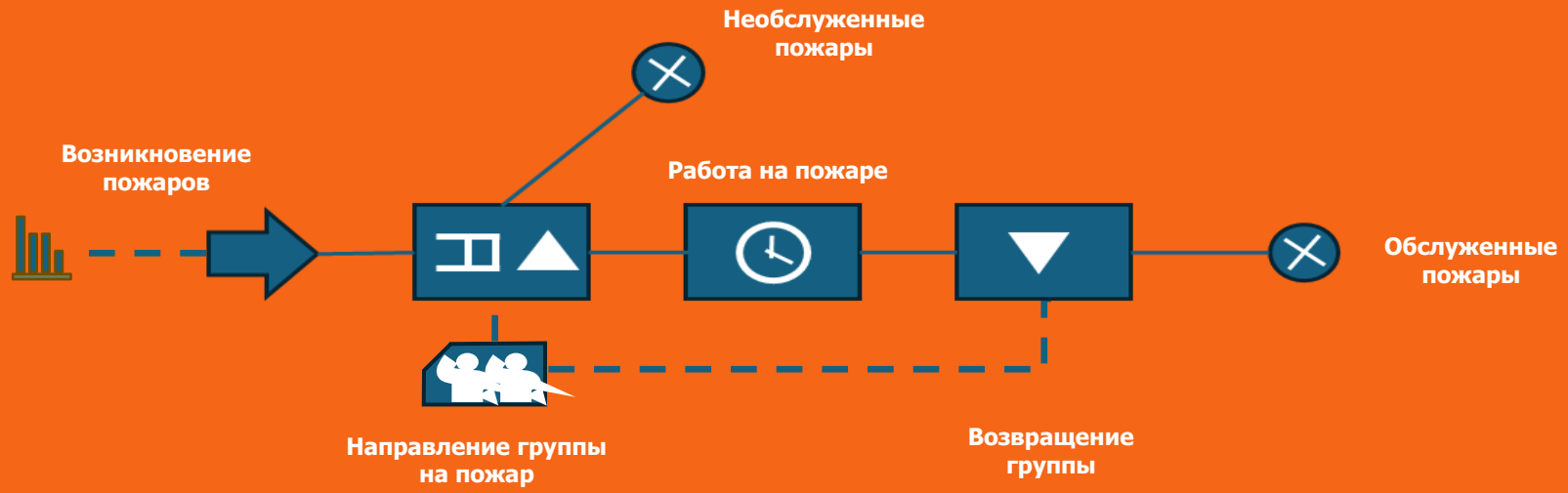
Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центр лесной пирологии» Котельников Роман Владимирович г. (Красноярск)



ЗАДАЧИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

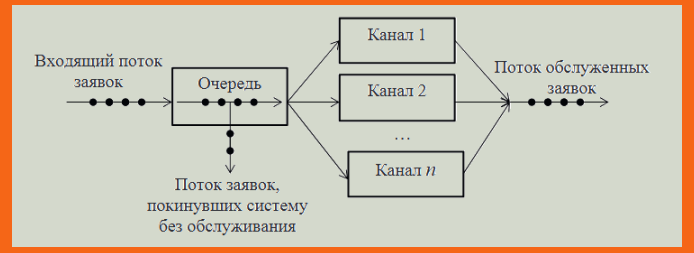
Примеры задач:

- ✓ Планирование численности авиапожарной службы
- ✓ Оценка количества работников федерального резерва



- Теория массового обслуживания (ТМО) — научная дисциплина, занимающаяся математическим моделированием постоянно повторяющихся однотипных задач в одних и тех же условиях их появления, анализом способов их решения в целях повышения их эффективности.

Классическая система массового обслуживания



Примеры программ:

AnyLogic, Simul8, FlexSim, Simio, Arena Simulation, AnyDynamics

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель

- Разработка стохастической модели возникновения лесных пожаров на территории отделений авиационной охраны лесов на основе эмпирических вероятностей, рассчитанных по ретроспективным данных



Задачи

- обоснованный выбор источника ретроспективных данных и предварительная обработка
- выбрать критерий (граничную площадь) объединения региональных и космических данных;
- выбрать подходящий метод обработки выбросов;
- выбрать оптимальный временной период, по которому будут объединятся данные (агрегирование по времени);
- оценка точности аппроксимации данных;
- оценка устойчивости полученных результатов;
- выбор метода аппроксимации ретроспективных данных.

СРАВНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО И ПРЕДЛАГАЕМОГО ПОДХОДА

Классический подход

- Использование ведомственной отчетности
- Рассматривались интервалы между возникающими пожарами
- Либо принимается гипотеза о распределении Пуассона, либо просто оценивается среднее и дисперсия

Предлагаемый подход

- Использование данных дистанционного зондирования Земли, дополненные небольшими пожарами по данным РДС
- Отдельно оценивать вероятность что день с пожарами и отдельно частота пожаров (в день с пожарами)
- Принимается гипотеза, что частота возникновения по логнормальному закону распределения

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЕ ПРИБЛИЖЕНИЙ ФУНКЦИЙ ИМИТИРУЮЩИХ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ

Возможные варианты

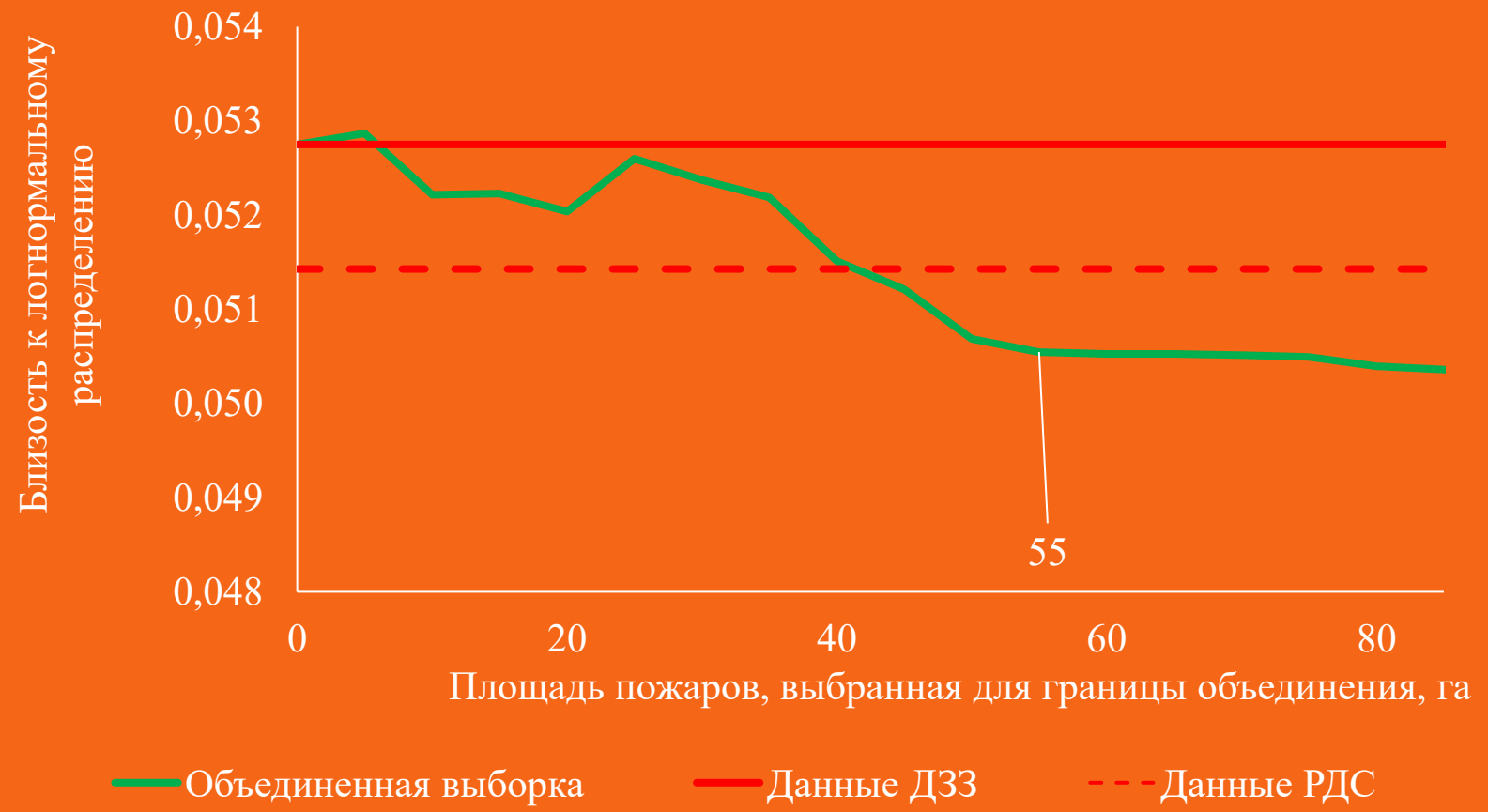
- Использование реальных ретроспективных данных
- Табличная интерполяция (линейная кубическая, сплайном)
- Замена функции ближайшим параметрическим распределением

Критерии выбора

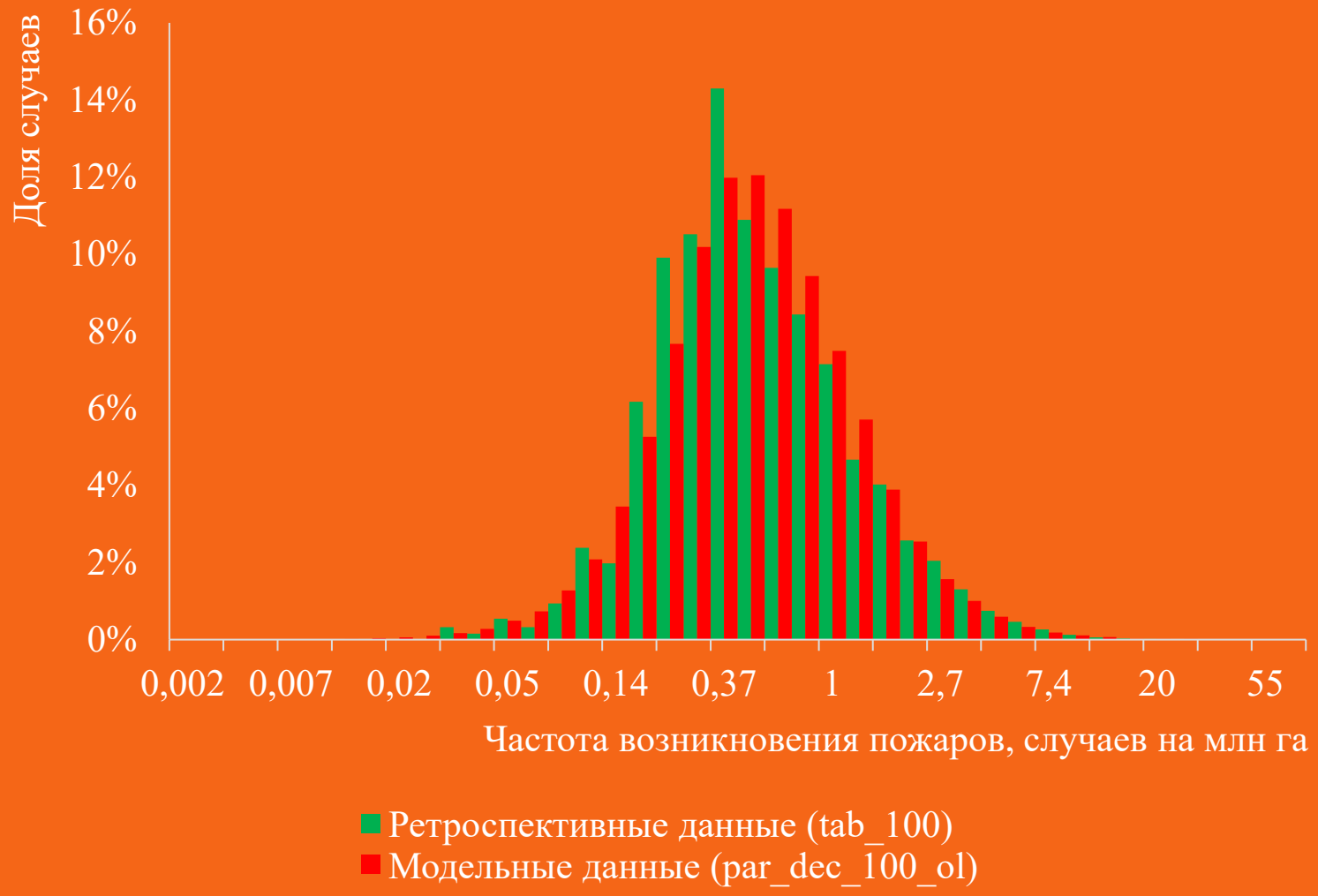
- 1. Точность воспроизведения формы
- 2. Гладкость и численная устойчивость
- 3. Риск переобучения и устойчивость к шуму
- 4. Поведение хвостов и экстраполяция

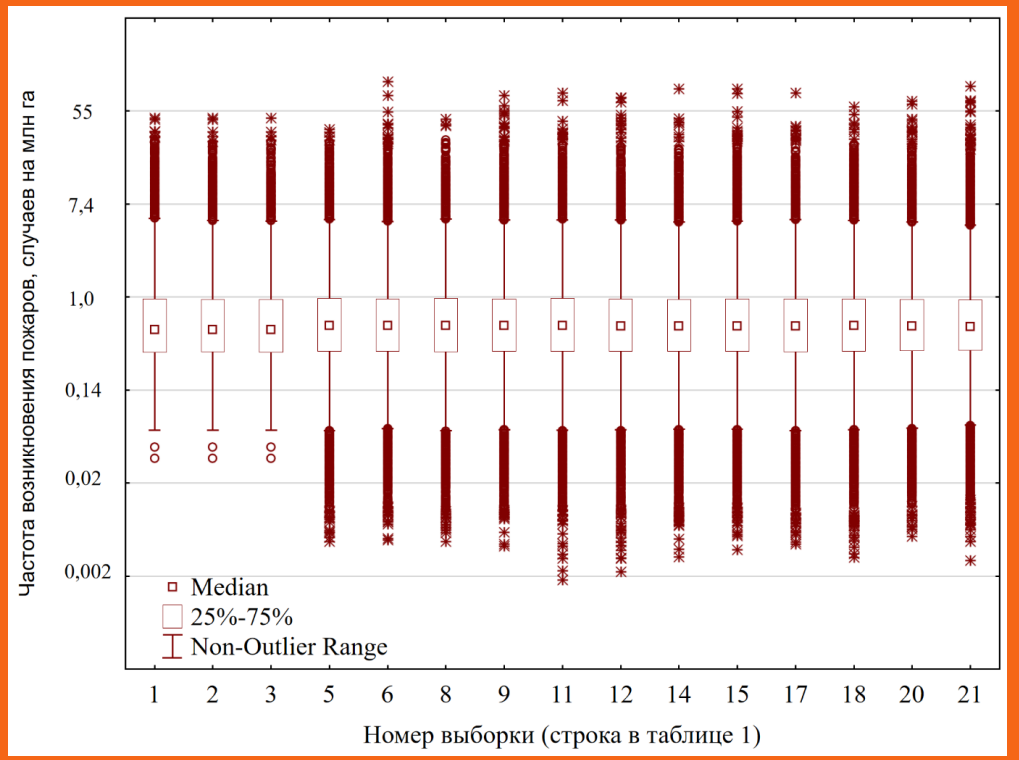
ВЫБОР ИСТОЧНИКА РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

- Выбраны только пожары лесном фонде (чтобы исключить случая горения, не связанные с пожарами).
- Выбраны только пожары, которых затрагивали покрытую лесом площадь.
- Выборка пожаров дополнено наземными данными (площадь которых менее 55 га).
- Из наземных данных исключены случаи дробления пожаров.
- Взята выборка за 22 года (2004-2025).



СРАВНЕНИЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ И СМОДЕЛИРОВАННЫХ ДАННЫХ О ЧАСТОТЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ





СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

№№	Выборка данных	Агрегация	Доля исходной выборки	Mean	StdDev	Сравнение с выборкой	Статистика Колмогорова-Смирнова (D)	Средняя абсолютная ошибка	
								MAE(Mean)	MAE(StdDev)
	Ретроспективные данные (табличная аппроксимация)								
1	tabl_100	день	100%	0,81	0,67			0,00	0,00
2	tabl_75	день	75%	0,82	0,66	tabl_100	0,03	0,03	0,06
3	tabl_50		50%	0,81	0,66	tabl_100	0,04	0,04	0,08
4				**-0,2%**	**-0,7%**		**+23%**	**+33%**	**+50,3%**
	Модель на основе логнормального распределения								
5	par_mes_100	месяц	100%	0,79	0,54	tabl_100	0,37	0,03	0,14
6	par_dec_100	декада	100%	0,79	0,57	tabl_100	0,37	0,03	0,14
7				**+0,2%**	**+6,3%**		**-0,5%**	**+1,3%**	**+2,4%**
8	par_mes_75	месяц	75%	0,79	0,54	par_mes_100	0,07	0,03	0,07
9	par_mes_50	месяц	50%	0,79	0,55	par_mes_100	0,09	0,04	0,09
10				**-0,1%**	**+3,4%**		**+17%**	**+23%**	**+38%**
11	par_dec_75	декада	75%	0,79	0,57	par_dec_100	0,06	0,03	0,11
12	par_dec_50	декада	50%	0,79	0,55	par_dec_100	0,10	0,05	0,12
13				**-0,3%**	**-3,8%**		**+52%**	**+34%**	**+16%**

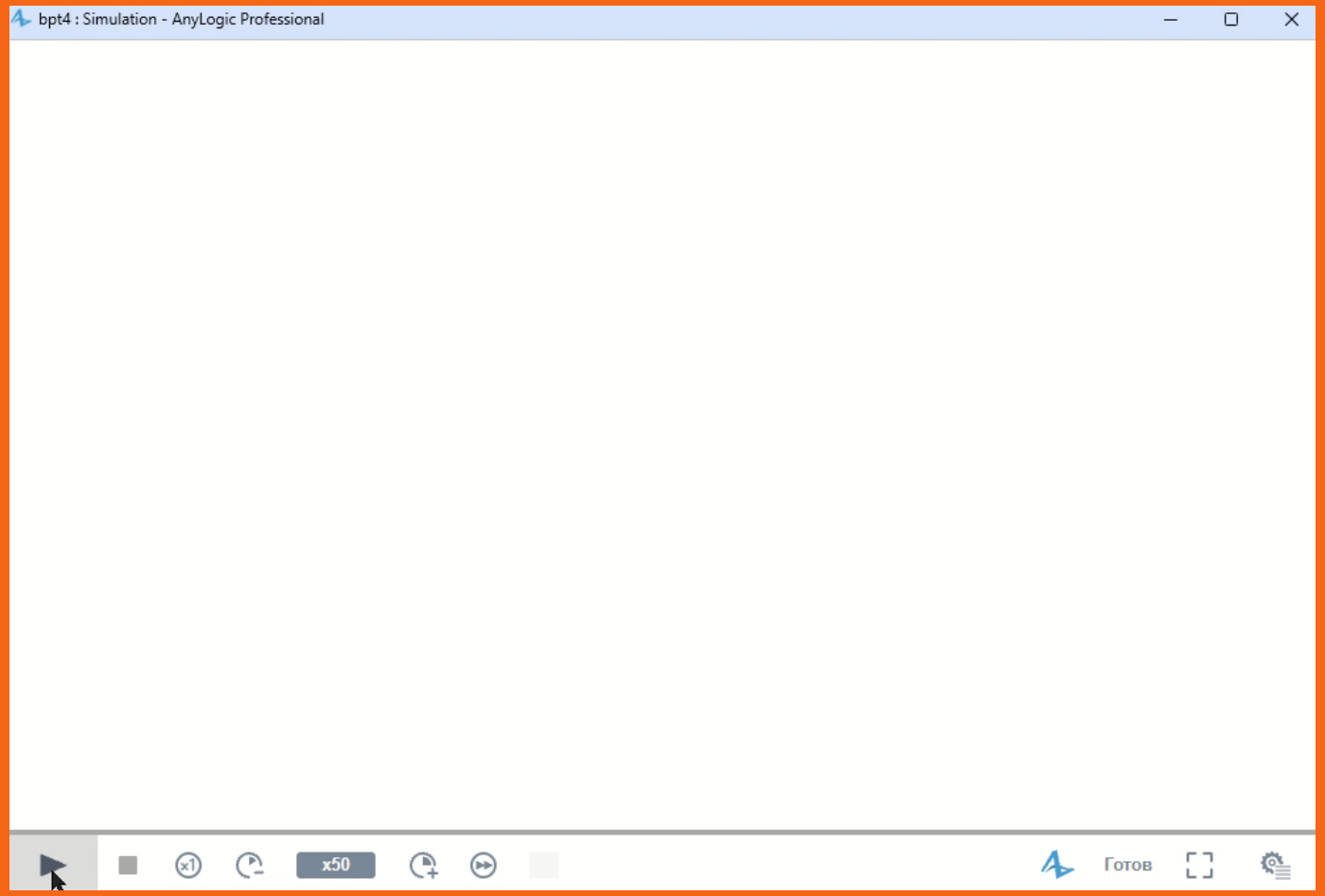
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

№№	Выборка данных	Агрегация	Доля исходной выборки	Mean	StdDev	Сравнение с выборкой	Статистика Колмогорова-Смирнова (D)	Средняя абсолютная ошибка MAE(Mean)	MAE(StdDev)
	Ретроспективные данные (табличная аппроксимация)								
1	tabl_100	день	100%	0,81	0,67			0,00	0,00
2	tabl_75	день	75%	0,82	0,66	tabl_100	0,03	0,03	0,06
3	tabl_50	день	50%	0,8	0,66	tabl_100	0,04	0,04	0,08
4				**-0,2%**	**-0,7%**		**+23%**	**+33%**	**+50%**
	Модель на основе логнормального распределения с исключением выбросов								
14	par_mes_100**_ol**	месяц	100%	0,77	0,51	par_mes_100	0,08	0,03	0,08
15	par_dec_100**_ol**	декада	100%	0,79	0,58	par_dec_100	0,07	0,03	0,11
16				**+2,2%**	**12,5%**		**-7,0%**	**+4,2%**	**+44%**
17	par_mes_75**_ol**	месяц	75%	0,79	0,55	par_mes_100_ol	0,08	0,03	0,07
18	par_mes_50**_ol**	месяц	50%	0,79	0,54	par_mes_100_ol	0,09	0,04	0,09
18				**+0,7%**	**-0,6%**		**+12%**	**+41%**	**+20%**
20	par_dec_75**_ol**	декада	75%	0,79	0,56	par_dec_100_ol	0,09	0,04	0,11
21	par_dec_50**_ol**	декада	50%	0,79	0,57	par_dec_100_ol	0,12	0,04	0,12
22				**-0,4%**	**1,5%**		**+26%**	**+9%**	**+10%**

ПРИМЕР СИМУЛЯЦИИ РАБОТЫ ГРУПП ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОДНОМ АВИАЦИОННОМ ОТДЕЛЕНИИ

Основные допущения

- На один пожар выезжает одна группа
- Пожар тушится в течение суток (крупные пожары не рассматриваются)
- Возвращаются на следующий день и готовы приступить к тушению через сутки от момента высадки
- Уровень обеспеченности группами пожаротушения достаточный, если тушатся в первые сутки 95% пожаров



ВЫВОДЫ ПО ИТОГАМ ИССЛЕДОВАНИЯ

- В качестве исходных данных для имитационного моделирования частоты возникновения лесных пожаров целесообразно использовать ДЗЗ, обогащённые наземными данными.
- Входящий поток необходимо разбить на две составляющие:
  1) доля случаев, когда на данной территории были пожары;
  2) частота возникновения лесных пожаров, моделируемые по статистическому закону логнормального распределения.
- Исходные ретроспективные данные должны быть агрегированы по декадам и очищены от выбросов по правилу трех сигма (относительно преобразованных логарифмом значений).
- Полученная математическая модель, может быть использована для оценки потребности структурных подразделений охраны лесов от пожаров в оперативных группах для обслуживания возникающих пожаров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-17-20019, https://rscf.ru/project/26-17-20019/», за счет целевого финансирования (гранта) Красноярского краевого фонда науки

Спасибо за внимание!

Филиал ФБУ ВНИИЛМ
«Центр лесной пирологии»
(г. Красноярск)

www.firescience.ru

Директор филиала
Котельников Р.В.

kotelnikovrv@firescience.ru