

## Разработка математической модели симуляции лесных пожаров

Вакалов Даниил Дмитриевич, 8 класс

МБОУ СОШ №94 г. Краснодар

Руководитель: Никитин Давид Дмитриевич

В последние годы число крупных лесных пожаров растёт во многих регионах мира [1].

Моделирование распространения огня помогает прогнозировать фронт пожара и планировать мероприятия по локализации и эвакуации. Разработка простых и наглядных моделей важна как в образовательных, так и в прикладных задачах, ведь она помогает в подготовке решений в экстренных ситуациях.

Целью работы является разработка математической модель и программной реализации прогнозирования распространения лесных пожаров, позволяющую изучать влияние ветра, влажности и плотности топлива на фронт огня. Для достижения цели, были сформулированы следующие задачи: определить вид математической модели; вывести физическую формулу времени возгорания объектов; реализовать оконное приложение на языке Python и продемонстрировать работу модели с различными параметрами.

В работе использовались методы клеточных автоматов, векторные операции NumPy для вычисления влияния соседей, и простая стохастическая схема переходов с вычислением вероятности поджога в каждой ячейке. Для визуализации применена библиотека matplotlib.

Модель представляет собой поле клеток с тремя состояниями: статичная, горящая и выгоревшая. На каждом шаге для каждой клетки суммируется вклад горящих соседей, учитывается направление и сила ветра (проекция вектора соседа на вектор ветра). Интенсивность огня вычисляется формулой:

$$\lambda = \text{baserate} * \text{influence} * \text{dryness} * (1 - \text{moisture}) \quad (1)$$

Вероятность перехода огня на соседнюю клетку определяем следующей формулой:

$$p = 1 - \exp(-\lambda) \quad (2)$$

Горящая клетка остаётся в состоянии «горит»  $t_{\text{burn}}$  шагов, затем переходит в состояние «выгоревшая». В реализации использованы быстрые сдвиги из библиотеки NumPy, что обеспечивает хорошую производительность на полях порядка  $100 \times 100$ .

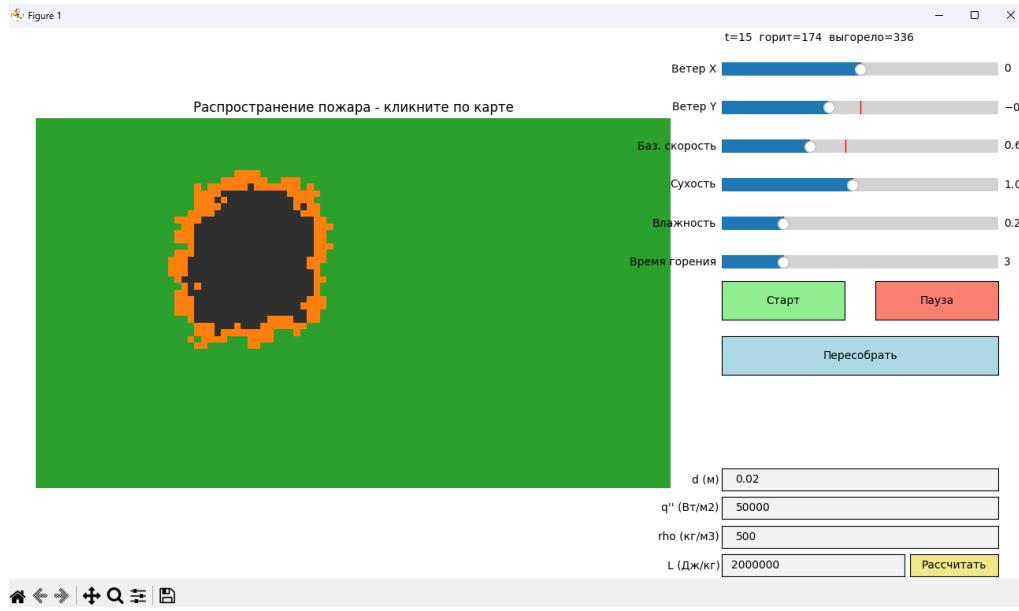


Рис. 1. Интерфейс программы симуляции лесных пожаров.

В результате работы был разработан интерактивный Python-симулятор с элементами управления: ветер ( $v_X$ ,  $v_Y$ ), влажность, базовая скорость передачи, время горения клетки и возможность задать начальный очаг кликом. Также, для наглядной демонстрации работы, был создан публичный репозиторий с выложенным кодом программы [2].

Разработанная модель демонстрирует ключевые факторы, влияющие на распространение пожара: направление ветра, влажность и плотность топлива. Модель проста в настройке и наглядна для образовательных целей.

В дальнейшем планируется расширение модели за счёт разработки под карты местности, учёта неоднородного распределения топлива, интеграции данных метеостанций и использования более реалистичных энергетических балансов. Также возможна оптимизация производительности с помощью Numba или переноса горячих участков на GPU.

[1] Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз). Площадь лесных пожаров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosleshoz.gov.ru/rates/forest-fires/area> — Дата обращения: 10.11.2025.

[2] DerTyu, forest\_fire\_simulation [Электронный ресурс]. — GitVerse. — Режим доступа: [https://gitverse.ru/DerTyu/forest\\_fire\\_simulation/content/master](https://gitverse.ru/DerTyu/forest_fire_simulation/content/master) — Дата обращения: 30.11.2025.