

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный  
исследовательский университет)»

**Высшая школа электроники и компьютерных наук  
Кафедра «Электронные вычислительные машины»**

**Тема работы: «Система спутникового мониторинга лесных пожаров»**

Научный руководитель:  
Доцент каф. ЭВМ к.т.н.  
Парасич В.А.

Автор работы:  
студент группы КЭ-405  
Серебряков Данил Александрович

Челябинск, 2025 г.

# Актуальность темы

## Актуальность темы

- Лесные пожары ежегодно уничтожают миллионы гектаров леса и наносят ущерб экологии, экономике и населению.
- Традиционные методы мониторинга не обеспечивают своевременного реагирования.
- Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) и дистанционного зондирования (ДЗЗ) повышает эффективность раннего обнаружения и прогнозирования.

**Актуальность темы** обусловлена необходимостью повышения эффективности систем раннего обнаружения и реагирования на природные возгорания, а также стремительным развитием цифровых технологий, позволяющих анализировать большие объёмы пространственных и метеорологических данных.

## Цели и задачи

**Цель:** - Разработать программный комплекс для интеллектуального мониторинга лесных пожаров на основе технологии ИИ по данным дистанционного зондирования Земли, получаемых со спутников .

### **Задачи:**

- провести обзор существующих решений;
- разработать архитектуру и алгоритмы анализа;
- реализовать систему в виде ПО на Python;
- провести тестирование на реальных данных;
- оценить эффективность предложенного подхода.

## Аналитический обзор аналогов

- Традиционные геоинформационные системы (ArcGIS, QGIS);
- Онлайн-сервисы NASA FIRMS, Copernicus;
- Отечественные разработки на базе данных МЧС и Рослесхоз;
- Используемые подходы: статистический анализ, свёрточные и рекуррентные нейросети.

**Вывод:** большинство решений недостаточно автоматизированы и не используют полный потенциал ИИ для прогнозирования.

## Аналитический обзор аналогов

№	Система / Платформа	Основные функции	Применяемые технологии	Ограничения
1	ArcGIS, QGIS	Визуализация, анализ пространственных данных, слоистые карты	ГИС-анализ, пользовательские скрипты	Требуется ручной настройки, не в реальном времени
2	NASA FIRMS	Отслеживание пожаров по спутниковым данным (MODIS, VIIRS)	Тепловая аномалия, температурный анализ	Отсутствует прогнозирование, нет ИИ
3	Copernicus Emergency	Европейская система мониторинга ЧС, включая пожары	Данные Sentinel, ГИС, экспертная оценка	Медленная реакция, отчёты вручную
4	Платформы МЧС и Рослесхоз	Мониторинг пожаров на базе региональных служб	Статистика, аэросъёмка, обращения граждан	Нет интеграции ИИ, слабая автоматизация
5	Коммерческие стартапы	Платформы типа Dryad, Ororatech: IoT + спутники	ИИ, IoT-сенсоры, edge-вычисления	Ограниченная доступность, платные сервисы

### Вывод:

Большинство существующих решений ориентированы на **фиксацию уже произошедших событий**, не обладают механизмами **динамического прогнозирования** и **интеллектуальной обработки данных** в реальном времени.

Разработка системы с использованием ИИ и данных ДЗЗ позволяет закрыть этот пробел, повысив скорость и точность реакции на пожары.

## Требования к системе

### Функциональные требования:

- обнаружение очагов возгорания на основе данных дистанционного зондирования Земли и метеоинформации;
- прогнозирование распространения пожаров с учётом погодных условий, рельефа местности и индекса вегетации;
- выделение зон повышенной пожарной опасности для оперативного оповещения органов управления и населения.

### Нефункциональные требования:

- реализация на языке программирования Python с использованием актуальных библиотек машинного обучения;
- обеспечение высокой вычислительной эффективности и масштабируемости решений;
- предусмотрена возможность работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов (в том числе на edge-устройствах);
- минимизация операций динамического выделения памяти в процессе обработки больших объёмов данных.

# Архитектура программы

Архитектура программы включает в себя следующие модули:

№	Модуль	Описание
1	Импорт данных	Загрузка спутниковых изображений, метеоданных, индексов вегетации.
2	Автоматическая предобработка данных	Очистка, нормализация, агрегация входных данных для моделей.
3	Детектирование очагов пожара	Выявление возгораний на спутниковых снимках с помощью CNN.
4	Прогнозирование распространения пожара	Моделирование развития пожара на основе временных рядов (LSTM-сеть).
5	Визуализация результатов	Построение интерактивных карт, графиков, тепловых масок.

Библиотеки использованные в программе:

- NumPy и Pandas — для обработки табличных и многомерных массивов данных;
- OpenCV и Matplotlib — для визуализации и обработки изображений;
- torch/Pytorch Lightning — для построения и обучения нейронных сетей;
- Scikit-learn — для базовой предобработки, оценки и валидации моделей.

## Результаты тестирования

Разработана интеллектуальная система мониторинга лесных пожаров с модульной архитектурой, пригодной для масштабирования

Функциональное тестирование

- Использован набор данных Call for Code Wildfire;
- Разделение на обучающую, валидационную и тестовую выборки;
- Проведена оценка метрик: Accuracy, Precision, Recall, F1, AUC-ROC.

Проведено тестирование и подтверждена эффективность реализации ПО

Результаты тестирования

CNN (обнаружение):

- Accuracy — 94%,
- F1 — 89.5%,
- AUC — 0.96.

LSTM (прогноз):

- Точность прогнозов: 83–89% в зависимости от региона и погоды;
- Ошибки снижены за счёт нормализации и предобработки данных.

Возможна интеграция в существующие системы управления ЧС.



## Результат работы CNN-сети.

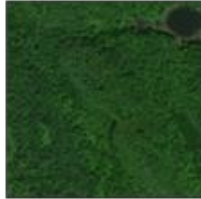
True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



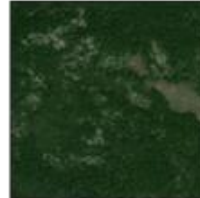
True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: wildfire  
Predicted: wildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



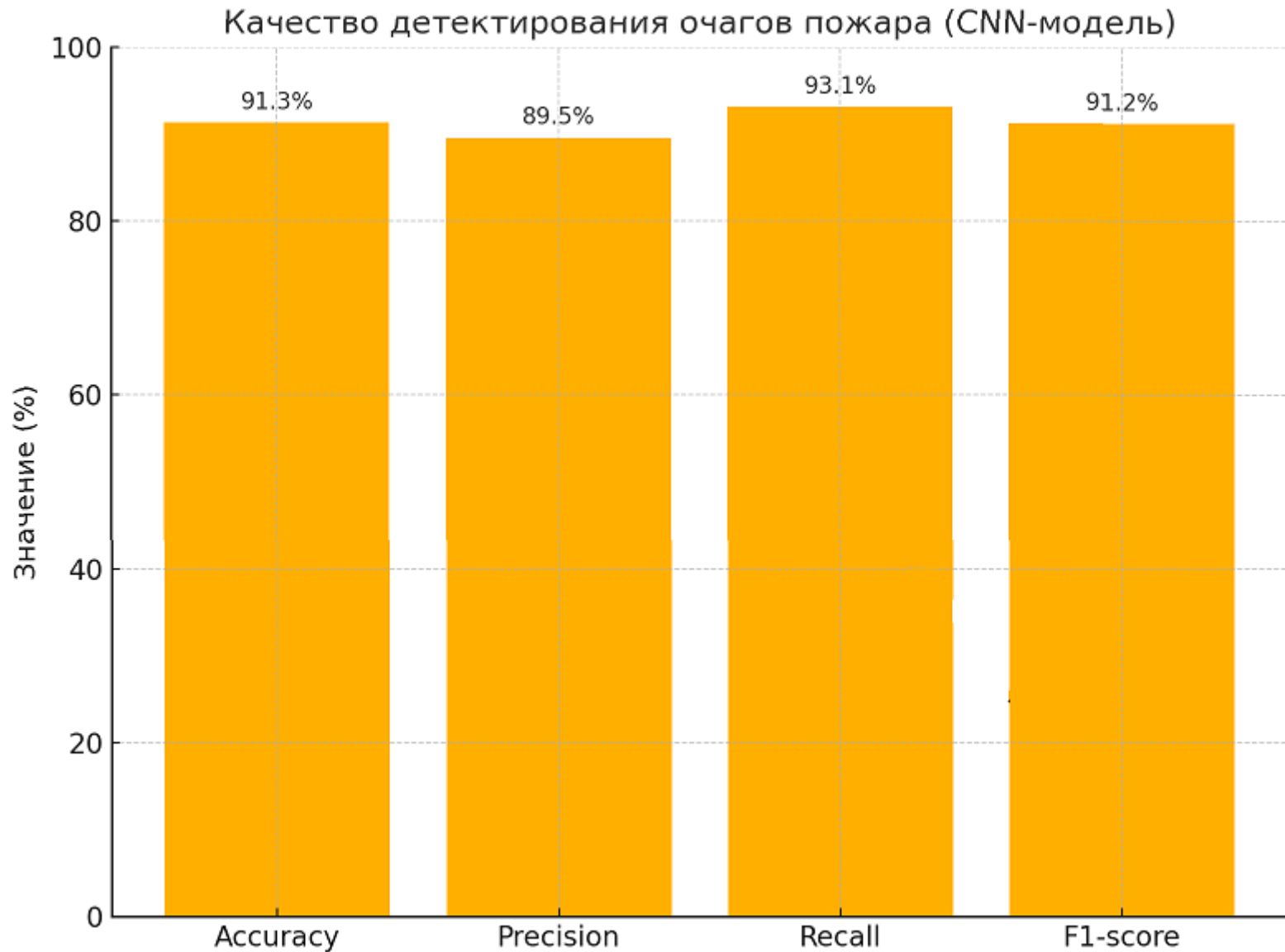
True: wildfire  
Predicted: wildfire



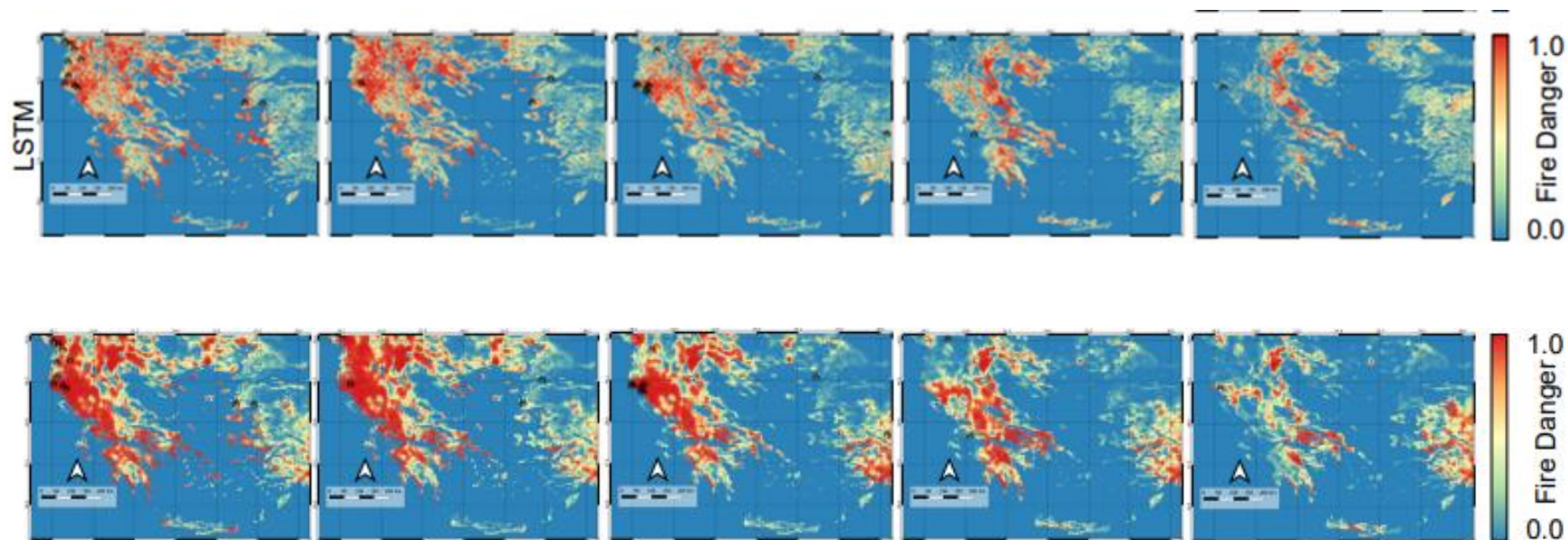
True: nowildfire  
Predicted: nowildfire



# Функциональное тестирование



Результат работы LSTM-сети:



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения научно-технической проблемы были проведены следующие исследования и работы:

В рамках выпускной квалификационной работы проведен аналитический обзор научно-технической литературы, методических документов, нормативно технических требований уточняющих постановку задачи и выбор алгоритмов ее решений.

Разработанные алгоритмы реализованы в программном продукте, работающей на данных, организованных по спроектированной структуре в базе данных.

В результате практической работы была проведена проверка созданной программы на работоспособность, выполнена оценка на производительность и точность работы. Программный продукт обеспечивает ведение мониторинга лесных пожаров с заданными параметрами.

**Вывод:** - Поставленные задачи в данной работе выполнены в полном объеме. Разработанная программа работает корректно и в качестве прототипа готова к практическому применению.

**Спасибо за внимание**