

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Институт естественных и точных наук

Кафедра прикладной математики и программирования

Направление: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

# Решение задачи сегментации факела выбросов на основе данных тепло-видео системы наблюдения

Руководитель:  
доцент кафедры ПМиП  
В.А. Сурин

Автор работы:  
студент группы ЕТ-412  
Д.Д. Кормилин

Челябинск, 2023

# Введение

В современном мире остро возникла проблема загрязнения воздуха. Выбросы заводов и автомобилей приводят к повышению температуры воздуха и загрязнению атмосферы химическими соединениями. Решение этой проблемы – сокращение количества выбросов в атмосферу вредных соединений промышленными предприятиями путем контроля их количества.

## Цели и задачи

**Целью** данной работы является расчет геометрических и физических свойств выбросов предприятий. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1** исследование существующих методов для контроля выбросов;
- 2** исследование современных способов применения оптических и тепловых снимков;
- 3** разработка алгоритма для сегментации факела выбросов с использованием тепловых и оптических снимков;

# Современные методы контроля выбросов

**Инструментальный метод** – осуществление контроля с помощью газоаналитических средств. Особенности этого метода:

- 1 подходит для работы с организованными источниками;
- 2 для реализации данного метода преимущественно используются газоанализаторы;
- 3 высокая точность, что является преимуществом;
- 4 сложность настройки и эксплуатации, высокая стоимость используемой аппаратуры, что является недостатком.

**Расчетный метод** используется для расчетов рассеивания выбросов от источников выброса загрязняющих атмосферный воздух веществ с помощью формул. Особенности этого метода:

- 1 менее точный, что является серьезным минусом;
- 2 более дешевым в сравнении с инструментальным методом;
- 3 необходимость установки сложной и дорогой аппаратуры все еще есть, что делает этот метод все еще достаточно затратным.

Решением данной проблемы может являться использование тепло-  
видео систем наблюдения. Их преимущества:

- 1 большая дешевизна;
- 2 относительно высокая точность.

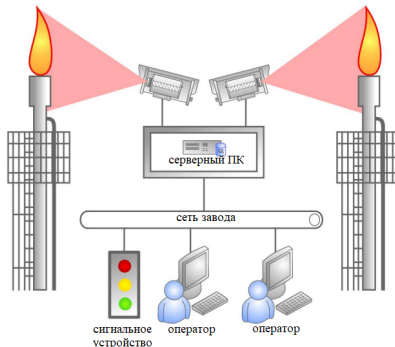


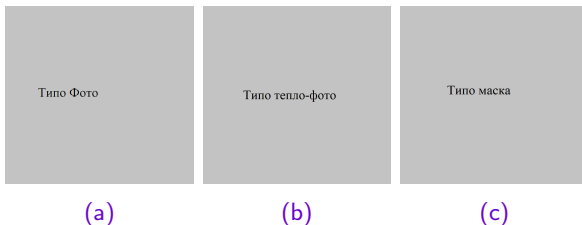
Рисунок – Пример использования тепловизоров для сегментации  
газа

# Задача

Необходимо восстановить целевую функцию

$$f : X \rightarrow Z, \quad (1)$$

где  $X$  – пары RGB изображений и матриц температур;  $Y$  – маска где каждый элемент – принадлежность пикселя дыму.



**Рисунок** – Примеры полученных изображений, где (а) RGB изображение; (б) матрица температур; (г) полученная маска

## Подготовка данных

Для решения поставленной задачи необходимо разработать алгоритм взаимодействия с тепловизором и научиться получать данные для последующей обработки. Подготовка данных можно разделить на три этапа:

- 1 работа с тепловизором;
- 2 преобразование цветовой карты;
- 3 наложение карты абсолютных температур на оптические снимки.

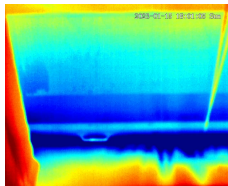


## Работа с тепловизором.

Было решено записывать поток оптически и тепловых снимков с частотой 20 Гц и максимальную и минимальную температуры с частотой в 1 Гц. Оптические и тепловые снимки записываются в формате YUV.



(a)



(b)

**Рисунок** – Примеры полученных изображений, где (a) оптический снимок; (б) тепловой снимок

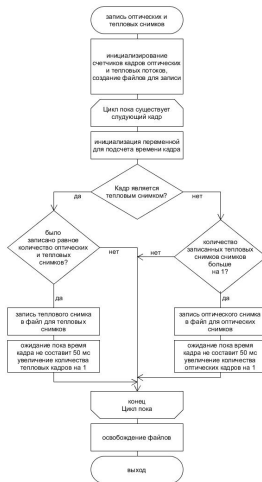
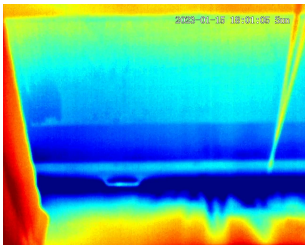
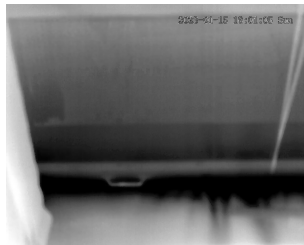


Рисунок – Алгоритм сохранения снимков

**Преобразование цветовой карты.** На рисунке 7 видно, что тепловые снимки записываются с использованием цветовой карты. В нашем случае была применена цветовая карта «JET». Необходимо восстановить функцию преобразования к оттенкам серого, классифицировав цвета RGB.



(a)



(b)

**Рисунок** – Примеры преобразования цветовой карты, где (a) до; (b) после

## Модель «FlannBasedMatcher»

Эта модель решает задачу классификации и работает на основе метода  $k$ -ближайших соседей, оптимизированного с помощью структуры данных « $k$ -мерное дерево».

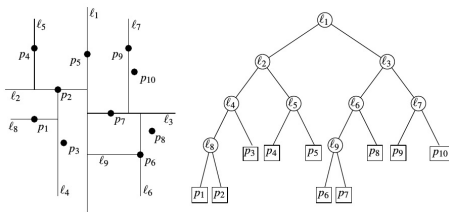
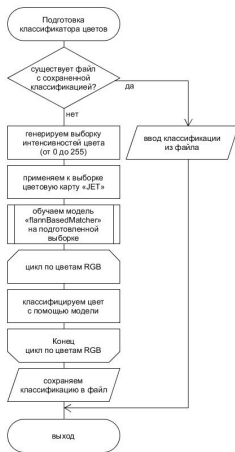


Рисунок – Пример построения  $k$ -мерного дерева



(a)



(b)

Рисунок – Алгоритмы преобразования цветов, где (a) алгоритм подготовки классификатора цветов; (б) алгоритм преобразования

Для оценки точности была введена метрика, отражающая среднюю относительную разницу интенсивности пикселя:

$$Acc = 1 - \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w |P_{ij}^{true} - P_{ij}^{conv}|}{255wh},$$

где  $w$  и  $h$  – размеры кадра.  $P^{true}$  и  $P^{conv}$  – некоторое изображение в оттенках серого и то же самое изображение, но с наложенной цветовой картой, сжатое с помощью JPEG и обработанное алгоритмом преобразования. В результате была получена точность 0,995777.



На данный момент реализована сегментация по методу отсечения по пороговому значению. Порогом является медианная абсолютная температура.



Рисунок – Изображение в оттенках серого



Рисунок – Маска после сегментации



Спасибо за внимание!