

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

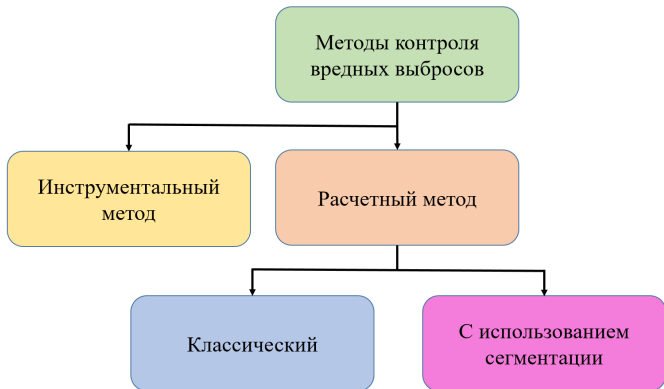
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФАКЕЛА ВЫБРОСОВ.....	8
1.1 Методы контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу .	8
1.1.1 Инструментальный метод.....	8
1.1.2 Расчетный метод.....	14
1.2 Применение тепловизоров для контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	20
1.2.1 Тепловизоры и области их применения.....	20
1.2.2 Применение тепловизоров для решения смежных проблем ...	24
2 СЕГМЕНТАЦИЯ ФАКЕЛА ВЫБРОСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВЫХ СНИМКОВ .....	26
2.1 Постановка задачи сегментации факела выбросов .....	26
2.2 Подготовка данных.....	27
2.2.1 Работа с тепловизором.....	27
2.2.2 Преобразование цветовой карты.....	28
2.2.3 Наложение карты абсолютных температур на оптические снимки.....	33
2.3 Решение задачи сегментации факела выбросов с помощью оптических и тепловых снимков .....	35
2.3.1 Задача детекции трубы .....	35
3 РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ ФАКЕЛА ВЫБРОСОВ .....	44
3.1 Разработка алгоритма подготовки данных.....	44
3.2 Алгоритм сегментации факела выбросов с помощью оптических и тепловых снимков.....	50
3.2.1 Алгоритм детекции трубы.....	50

## 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



# Преимущества тепловизоров

- 1 большая дешевизна;
- 2 относительно высокая точность.



(a)



(b)

**Рисунок** – Преимущество перед сегментацией оптических снимков, где (a) оптическое изображение; (b) тепловизионное

# Задача

Необходимо восстановить целевую функцию

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

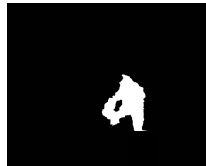
где  $X$  – пространство пар из RGB изображений и матриц температур;  $Z$  – пространство масок где каждый элемент – принадлежность пикселя дыму.



(a)



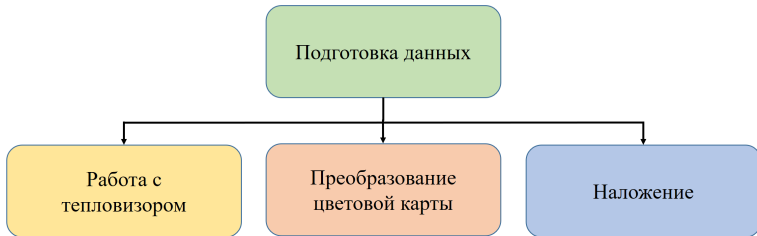
(b)



(г)

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

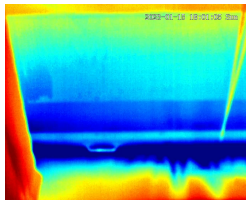
# Подготовка данных



# Работа с тепловизором



(a)



(b)

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



# Работа с тепловизором

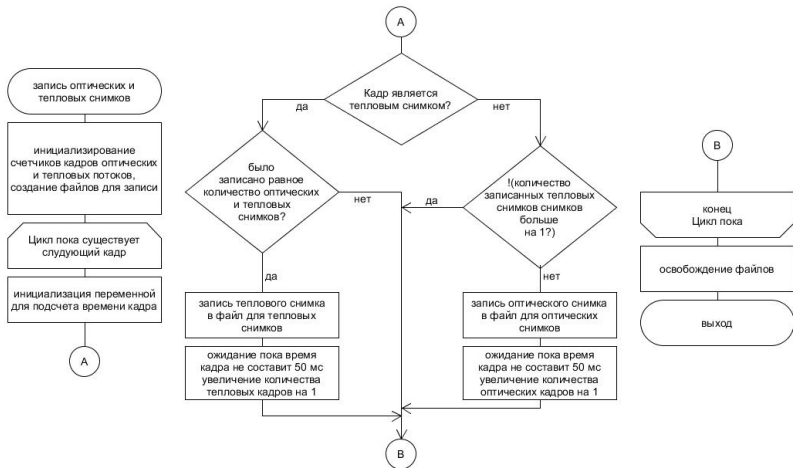
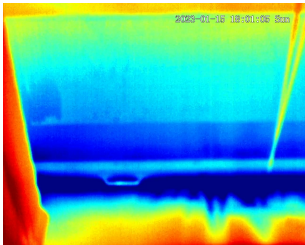
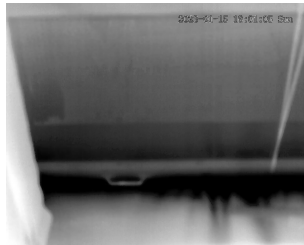


Рисунок – Алгоритм сохранения снимков

# Преобразование цветовой карты



(a)



(b)

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

# Модель «FlannBasedMatcher»

Работает на основе метода  $k$ -ближайших соседей, реализованного через структуру данных « $k$ -мерное дерево».

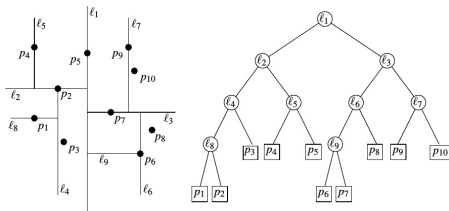


Рисунок – Пример построения  $k$ -мерного дерева

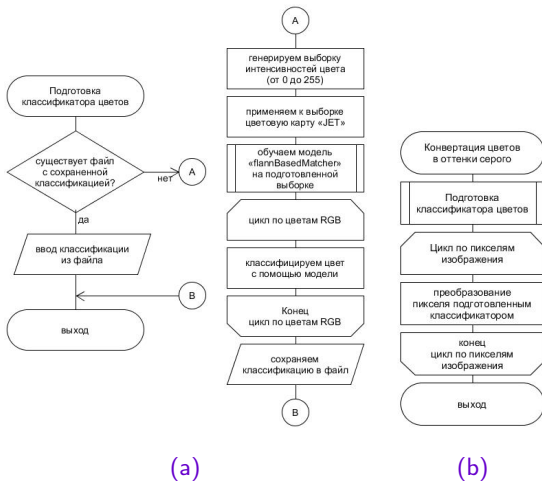


Рисунок – Алгоритмы преобразования цветов, где (а) алгоритм подготовки классификатора цветов; (б) алгоритм преобразования

## Метрика точности преобразования цветов

$$Acc = 1 - \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w |P_{ij}^{true} - P_{ij}^{conv}|}{255wh}, \quad (2)$$

где  $w$  – высота кадра;

$h$  – размеры кадра;

$P^{true}$  – некоторое изображение в оттенках серого;

$P^{conv}$  – то же самое изображение, но с наложенной цветовой картой, сжатое с помощью JPEG и обработанное алгоритмом преобразования.

# Метрика точности преобразования цветов

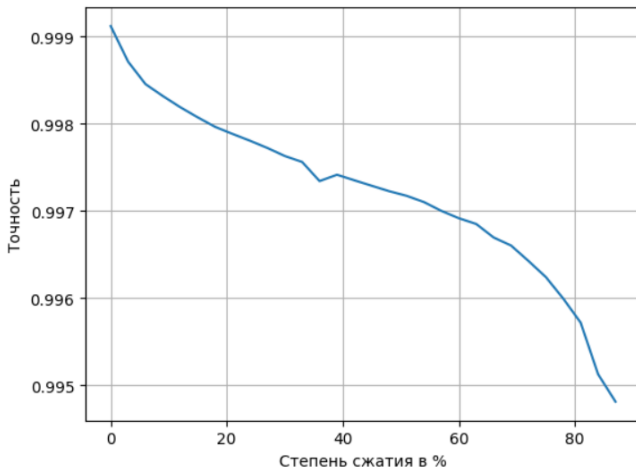


Рисунок – Зависимость точности от степени сжатия



Рисунок – Алгоритм подготовки данных

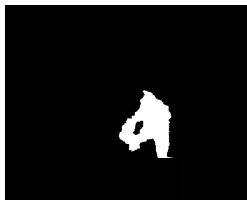
# Результаты



(a)



(b)



(г)

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



# Результаты

Итоговая точность – 86,2%

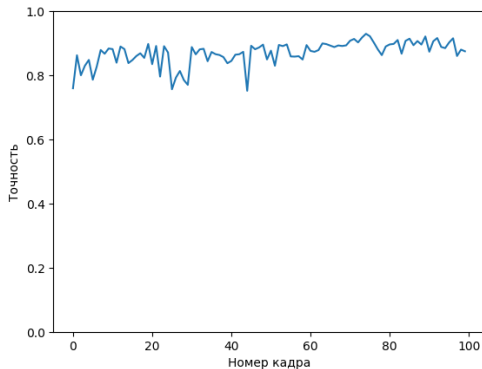


Рисунок – Алгоритм подготовки данных