

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:

старший преподаватель кафедры ПМиП

В.А. Сурин

Автор работы:

студент группы ЕТ-412

Д.Д. Кормилин

Челябинск, 2023

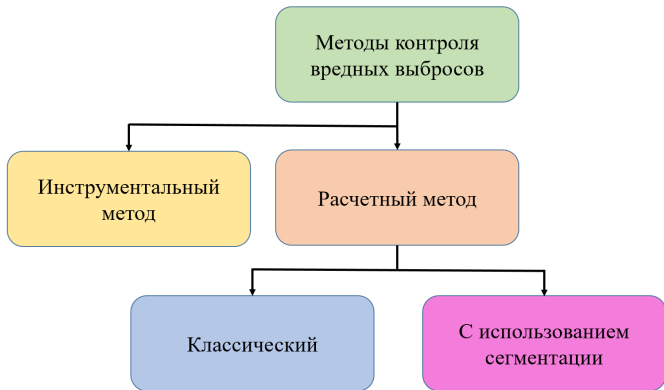
# Цели и задачи

**Цель:** разработка алгоритма сегментации факела выбросов с использованием тепло-видео систем.

**Задачи:**

- 1 исследование существующих методов для решения задачи 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.



а)



б)

Рисунок 1 – Преимущество перед сегментацией оптических снимков: а) оптическое изображение; б) тепловизионное

## Задача сегментации факела выбросов

Необходимо восстановить целевую функцию

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

где  $X$  – пространство пар из RGB изображений и матриц температур;  $Z$  – пространство масок соответствующей размерности где каждый пиксель отражает вероятность принадлежности к факелу.



а)

б)

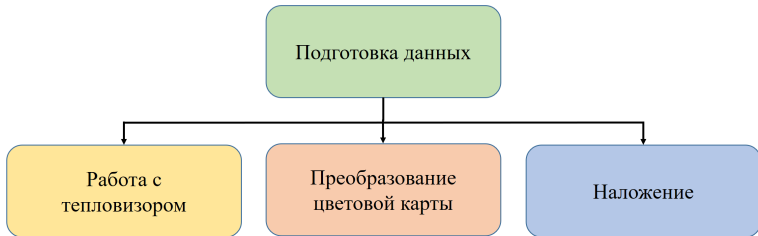
в)

Рисунок 2 – Примеры полученных изображений:

а) RGB изображение; б) матрица температур;

в) полученная маска

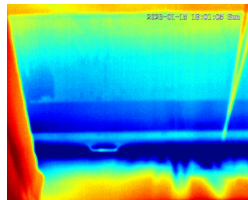
# Подготовка данных для сегментации



# Работа с тепловизором



а)



б)

Рисунок 3 – Примеры полученных изображений:  
а) оптический снимок; б) тепловой снимок

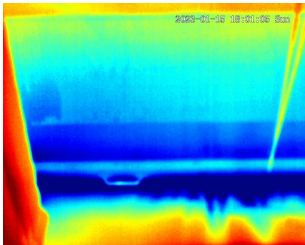
# Работа с тепловизором



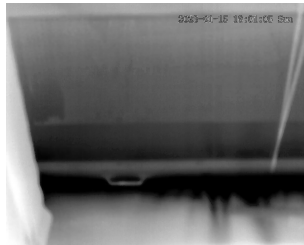
Рисунок 4 – Алгоритм сохранения снимков



# Преобразование цветовой карты



a)



б)

Рисунок 5 – Примеры преобразования цветовой карты:  
а) до; б) после

# Модель классификации «FlannBasedMatcher»

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

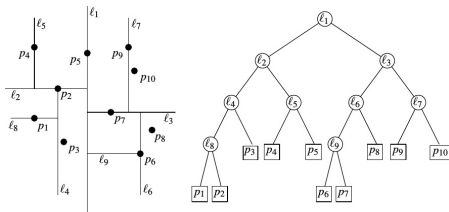


Рисунок 6 – Пример построения  $k$ -мерного дерева

# Алгоритм преобразования цветов

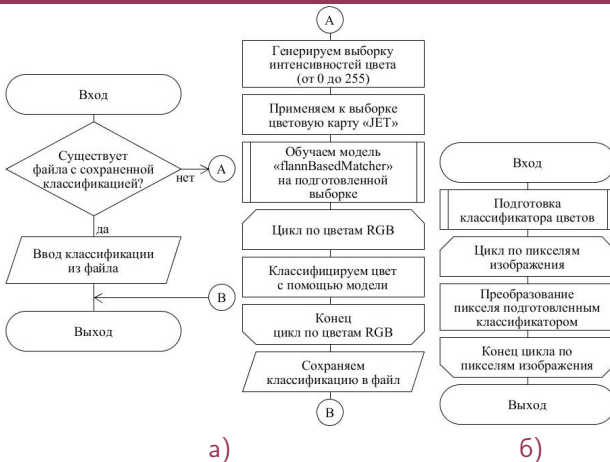


Рисунок 7 – Алгоритмы преобразования цветов:  
а) подготовка классификатора цветов; б) преобразование

# 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;

$h$  – ширина кадра;

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

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

# Метрика точности преобразования цветов

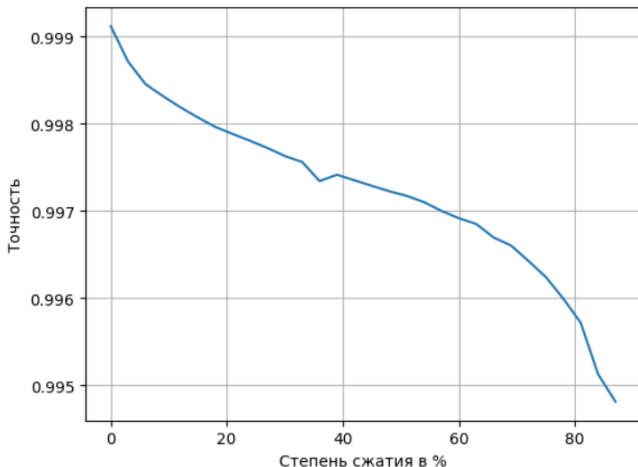


Рисунок 8 – Зависимость точности от степени сжатия

# Алгоритм подготовки данных

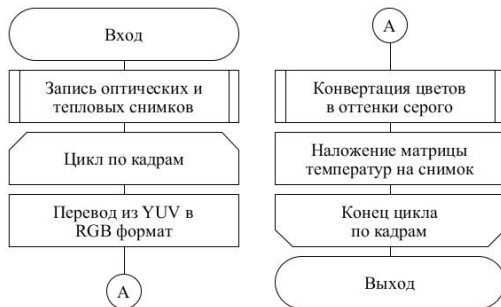
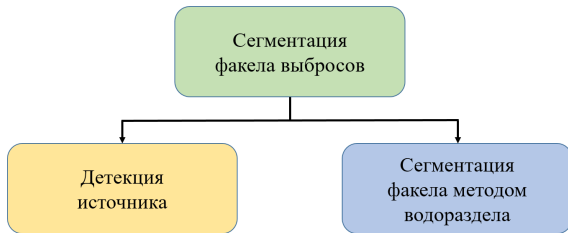
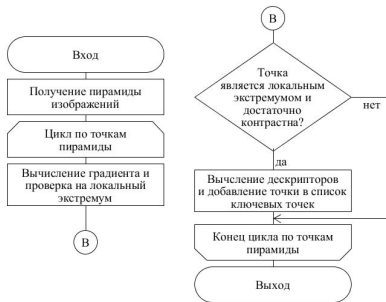


Рисунок 9 – Алгоритм подготовки данных

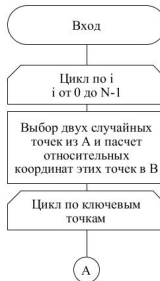
# Сегментация факела выбросов



# Алгоритм детекции трубы



а)



б)

Рисунок 10 – Алгоритмы детекции трубы:

а) поиск ключевых точек; б) восстановление прямоугольника



# Результаты работы алгоритма детекции трубы

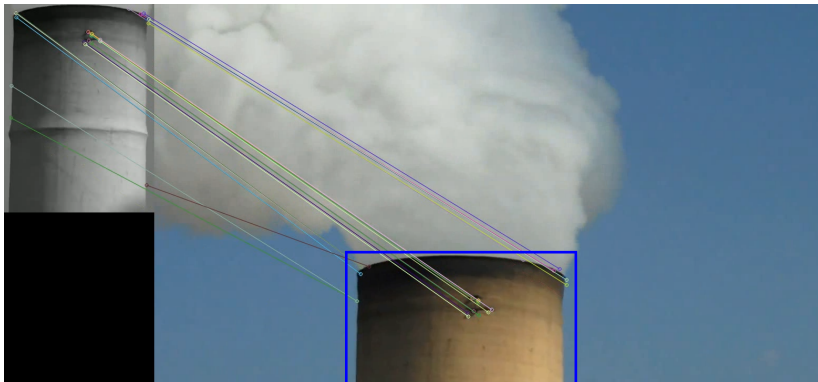


Рисунок 11 – Результаты работы алгоритма

# Алгоритм сегментации методом водораздела

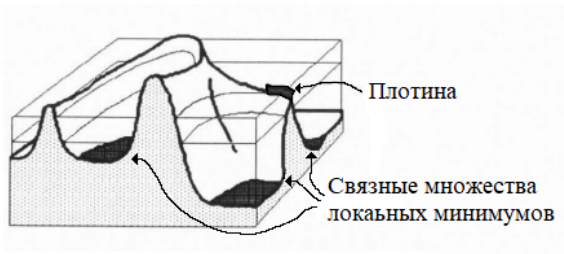


Рисунок 12 – Визуализация работы алгоритма сегментации водоразделом

# Алгоритм сегментации методом водораздела

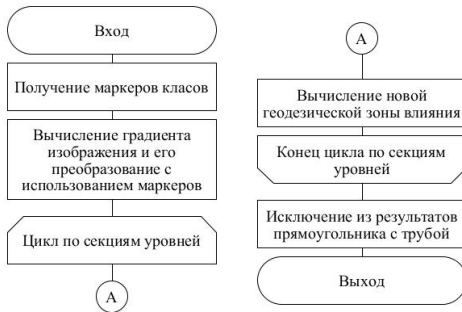


Рисунок 13 – Алгоритм сегментации методом водораздела

# Результаты работы алгоритма сегментации



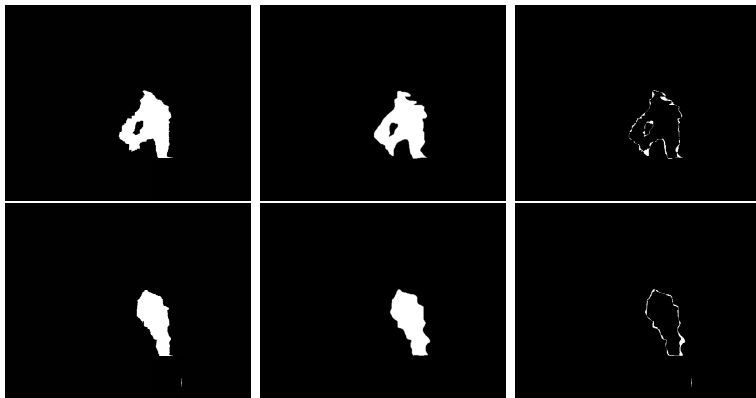
а)

б)

в)

Рисунок 14 – Пример работы: а) оригинальные оптические изображения; б) оригинальные тепловые изображения; в) получившиеся маски

# Разница масок



а)

б)

в)

Рисунок 15 – Сравнение масок: а) результат работы алгоритма; б) размеченная маска; в) исключающее или

## Метрика точности сегментации

$$\text{DICE} = \frac{2\text{TP}}{2\text{TP} + \text{FP} + \text{FN}}, \quad (3)$$

где TP – правильное предсказание сегмента;

FP – ложное предсказание сегмента;

FN – неправильное предсказание сегмента.

# Точность работы алгоритма сегментации

Итоговая точность – 86,2%

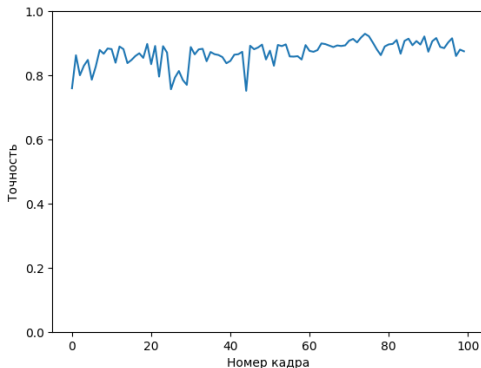


Рисунок 16 – График зависимости точности от номера кадра

## Заключение

В ходе работы был разработан алгоритм сегментации факела выбросов, использующий данные тепло-видео систем наблюдения. Данная работа выполнена в рамках проекта «Экомонитор» кафедры «Прикладная математика и программирование».

Была разработана математическая модель алгоритмов подготовки данных, детекции трубы и сегментации факела выбросов методом водораздела. Данные алгоритмы были разработаны и реализованы.

Было произведено тестирование разработанного программного модуля. Проведенный анализ точности работы алгоритма позволяет говорить о целесообразности применения данного метода.



Спасибо за внимание!