

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 и расчет характеристик газовоздушных смесей источников 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.....	30
2.2.3 Наложение карты абсолютных температур на оптические снимки.....	37

Рисунок 1 – Оглавление

Введение

В современном мире остро возникла проблема загрязнения воздуха. Выбросы заводов и автомобилей приводят к повышению температуры воздуха и загрязнению атмосферы химическими соединениями. Решением этой проблемы является сокращение количества выбросов в атмосферу вредных соединений промышленными предприятиями. На сегодняшний день эта проблема решается с помощью контроля за содержанием и объемом дыма. Многие геометрические и физические характеристики выбросов можно проанализировать, используя тепловые и оптические снимки. Для реализации подобного способа анализа можно воспользоваться классическими методами компьютерного зрения.

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

- 1 исследование существующих методов для решения задачи получения геометрических и физических характеристик выбросов;
- 2 исследование современных способов применения оптических и тепловых снимков;
- 3 разработка алгоритма для сегментации факела выбросов с использованием тепловых и оптических снимков;
- 4 разработка алгоритма получения физических характеристик факела выбросов.

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 тепловидео систем наблюдения. Они значительно менее дорогие, чем газоанализаторы, при этом использование тепловых видео для сегментации и расчета объема выбросов позволит увеличить точность в сравнении с применением исключительно оптических видео.

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.

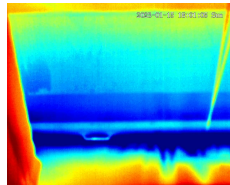
Работа с тепловизором. Для решения поставленной задачи был выбран тепловизор модели DS60xxFT-M. Для удаленной работы с ним были предоставлены набор готовых программ с открытым исходным кодом и библиотека, содержащая реализации интерфейса для взаимодействия с тепловизором. В возможности библиотеки входит:

- 1 управление положением тепловизора;
- 2 получение матрицы температур;
- 3 сохранение оптических и тепловых снимков покадрово в память компьютера в формате YUV.

При этом библиотека не позволяет получать матрицу абсолютных температур с частотой больше чем 1 ГГц, поэтому было решено записывать поток оптически и тепловых снимков с частотой 20 ГГц и максимальную и минимальную температуры с частотой в 1 ГГц, для преобразования относительных температур в абсолютные. Оптические и тепловые снимки записываются в формате YUV.



(a)



(б)

Рисунок 2 – Примеры полученных изображений, где (а) оптический снимок; (б) тепловой снимок

Преобразование цветовой карты. На рисунке 2 видно, что тепловые снимки записываются с использованием цветовой карты. Цветовые карты необходимы для лучшего восприятия человеком изображения, при этом для автоматической обработки они не удобны. Поэтому возникает необходимость перевода теплового снимка в оттенки серого. В нашем случае была применена цветовая карта «JET» (рисунок 3).

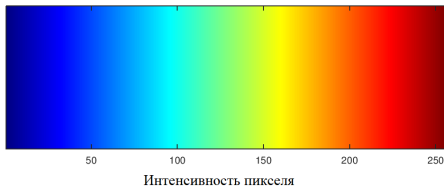


Рисунок 3 – График преобразования цвета в цветовой карте «JET»

Однако восстановить исходную функцию аналитически не представляется возможным, так как при передаче изображения используется технология сжатия JPEG и некоторые цвета изменяются. Для решения этой проблемы используется модель «FlannBasedMatcher». Эта модель работает на основе метода k -ближайших соседей, оптимизированного с помощью структуры данных « k -мерное дерево».

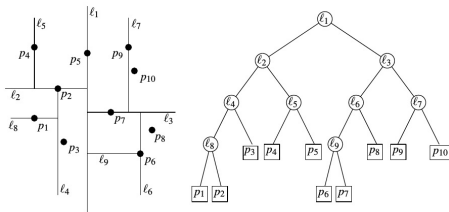
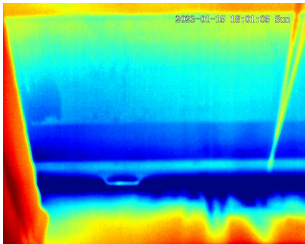
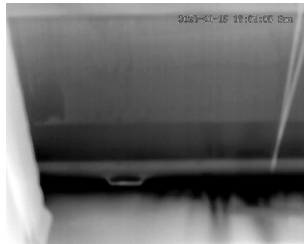


Рисунок 4 – Пример построения k -мерного дерева

Результат работы алгоритма преобразования можно увидеть на рисунке 5.



(a)



(б)

Рисунок 5 – Примеры преобразования цветовой карты, где (a) до; (б) после

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.

Наложение карты абсолютных температур на оптические снимки.

Для преобразования карты относительных температур к абсолютным была использована формула:

$$T_{abs} = T_{min} + \frac{T_{relative}(T_{max} - T_{min})}{255},$$

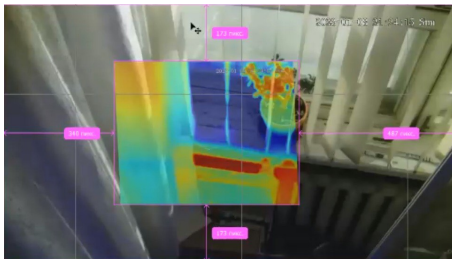


Рисунок 6 – Наглядный пример наложения теплового снимка на оптический

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

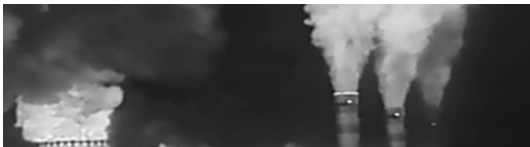


Рисунок 7 – Изображение в оттенках серого



Рисунок 8 – Маска после сегментации

Спасибо за внимание!