

**Муниципальное Бюджетное Общеобразовательное Учреждение  
Петрозаводского Городского Округа "Академический Лицей"**

**Республика Карелия**

**город Петрозаводск**

## **Анализ транспортного потока на основе технологий компьютерного зрения**

Автор:

**Пантелеев Никита Дмитриевич**

6М класс

Научный руководитель:

**Ефлов Владимир Борисович**

**Доцент**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Петрозаводский государственный  
университет»**

2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ЦЕЛЬ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. ЗАДАЧИ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ГИПОТЕЗА.....</b>	<b>4</b>
<b>5. СБОР ИНФОРМАЦИИ.....</b>	<b>5</b>
5.1. СБОР ВИДЕОФРАГМЕНТОВ С КАМЕРЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ.....	5
5.2. ОПТИМИЗАЦИЯ ВИДЕОФРАГМЕНТОВ В ВИДЕОРЕДАКТОРЕ .....	5
<b>6. РАСПОЗНАВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ .....</b>	<b>6</b>
<b>7. ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА.....</b>	<b>9</b>
<b>8. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ И РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ТАБЛИЦ.....</b>	<b>11</b>
<b>9. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ.....</b>	<b>12</b>
<b>10. ВЫВОДЫ.....</b>	<b>14</b>
<b>11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>15</b>
<b>12. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ, ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>16</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Проектно-исследовательская работа «Анализ транспортного потока на основе технологий компьютерного зрения» направляется в рамках номинации «Зеленая инженерия».

«Зеленая инженерия» предполагает достижение следующих целей<sup>1</sup>:

1. уменьшение количества загрязнения, которое возникает в результате строительства или эксплуатации объекта,
2. минимизация воздействия на население потенциальных опасностей (включая снижение токсичности),
3. более эффективное использование материи и энергии на протяжении всего жизненного цикла продукта и процессов и
4. поддержание экономической эффективности и жизнеспособности.

Различным службам городов, чтобы решать задачи в области «Зеленой инженерии» сейчас могут помочь следующие инструменты:

- Развивающиеся системы видеомониторинга (поток необработанной информации);
- Новые алгоритмы обработки информации (преобразование необработанного потока в понятные цифры);
- Доступные вычислительные мощности (на чем мы собираемся обрабатывать информацию).

В работе будет показано, как можно добиться определенных аналитических результатов, если использовать данных с камер наружного наблюдения для подсчета количества машин в единицу времени. Работа, с одной стороны, показывает аналитические результаты за отдельный промежуток времени с одной городской камеры наблюдения. С другой стороны, работа объясняет принцип получения и обработки данных для дальнейшего использования на других исходных данных, в любые промежутки времени, в любом городе.

Таким образом, работа органично вписывается в цели «зеленой инженерии», которые указаны выше.

Эта работа актуальна, потому как:

- Помогает двигаться в сторону решения проблем транспортных потоков (автомобильных «пробок») в крупных городах,
- Предлагает ребятам возможность создавать исследовательские проекты по анализу транспортных потоков в интересных для них местах по всему миру.

Анализ транспортного потока проводился в городе Петрозаводске Республики Карелия, на ул. Гоголя с камеры наблюдения, расположенной на доме №62.

---

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_engineering)

## **2. ЦЕЛЬ**

Цель работы: Описание и проверка работы алгоритма действий по анализу транспортного потока с целью дальнейшего использования различными службами получаемой информации для оптимизации автомобильного трафика и решения вопросов «пробок» и улучшения экологической обстановки.

## **3. ЗАДАЧИ**

Для достижения цели нам нужно было решить ряд задач:

1. Выдвинуть гипотезу;
2. Собрать информацию;
3. Проанализировать полученную информацию;
4. Сделать выводы;
5. Выработать рекомендации для дальнейшей работы над проектом.

## **4. ГИПОТЕЗА**

Гипотеза: «Можно с помощью алгоритмов и доступных вычислительных мощностей проанализировать транспортный поток с системы видеонаблюдения и выявить закономерности».

Для подтверждения гипотезы потребуется создать и настроить программно-аппаратный комплекс для сбора и анализа информации.

## 5. СБОР ИНФОРМАЦИИ

### 5.1. СБОР ВИДЕОФРАГМЕНТОВ С КАМЕРЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Во многих городах интернет провайдерами устанавливаются общественные камеры наблюдения. Они устанавливаются с видом на придомовые территории, а также на дороги. Некоторые общественные камеры имеют возможность скачивания архива записей.

Для работы были взяты данные с общественной камеры наблюдения в г. Петрозаводске с видом на одну из важнейших «транспортных артерий» Гоголевский мост. Это место, где часто скапливаются огромные «пробки».

Данные с камеры можно скачать бесплатно по адресу в интернете<sup>2</sup>.

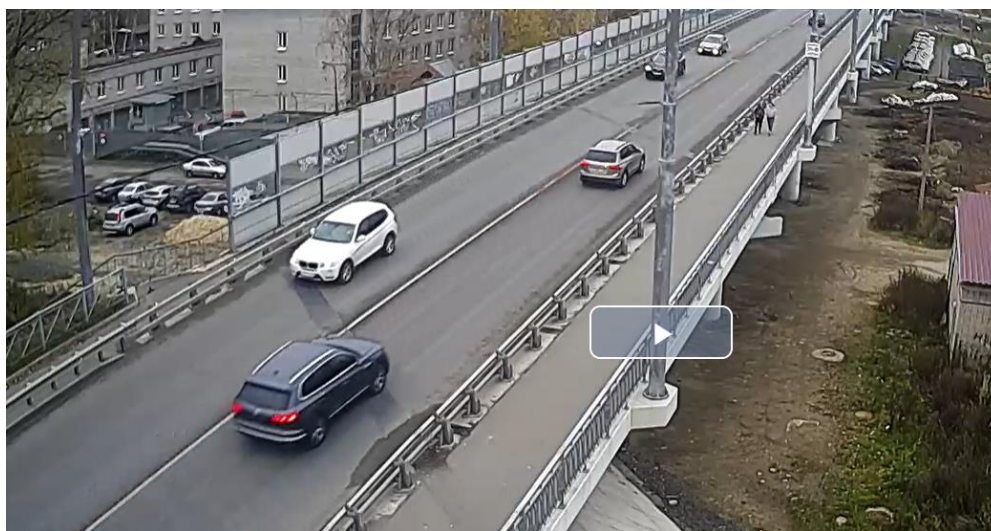


Рис. 1. Пример одного кадра с общественной камеры наблюдения.

Для того, чтобы анализировать эти потоки, из архива были скопированы видеофрагменты частями за определенное время.

Указанная камера записывает видео в разрешении 1280 на 720 пикселей. Большее разрешение потребует большего места на компьютере и более долгой их обработки.

### 5.2. ОПТИМИЗАЦИЯ ВИДЕОФРАГМЕНТОВ В ВИДЕОРЕДАКТОРЕ

Для целей работы нам необходимо было оценивать поток автотранспорта. На видео присутствует два потока – в одну и другую сторону. Мы выбрали тот поток для анализа, который движется сверху вниз. То есть из спального района в центр города. Для того, чтобы отделить обратный поток в видеоредакторе была наложена маска, чтобы выделить только тот поток, который требуется для анализа.

Для того, чтобы обрабатывать видеофрагменты было принято решение воспользоваться свободно распространяемым программным обеспечением с

<sup>2</sup> <http://ohrana.sampo.ru/record/camera/1571>. Камера установлена интернет провайдером «Сампо.ру».

открытым исходным кодом - Blender<sup>3</sup>. В Blender загружался видеофрагмент, накладывалась маска для выделения нужного потока и отсеечения всего остального, сохранялся готовый для анализа видеофрагмент.

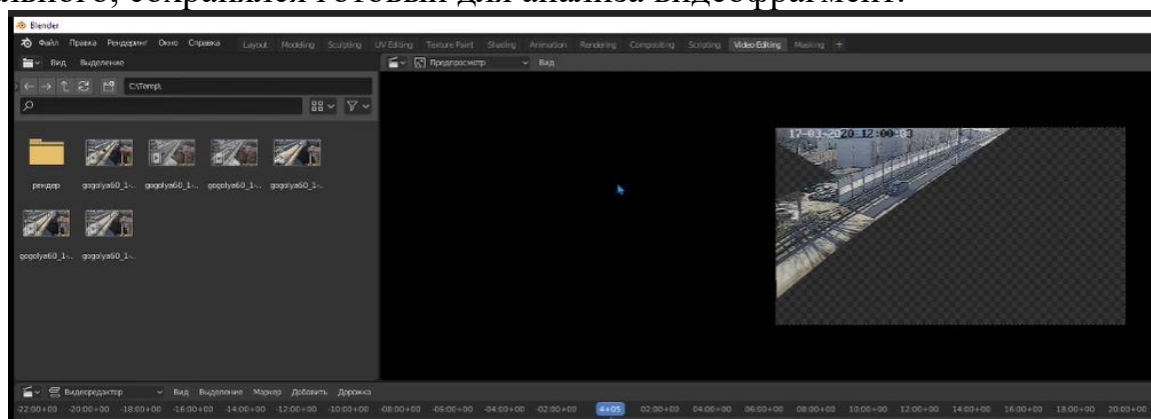


Рис. 2. Пример выделения необходимого транспортного потока наложением маски в программе Blender.

В процессе обработки видеофрагментов приходилось сталкиваться с плохими погодными условиями, а также со сбоями работы системы записи камеры. Безусловно, эти моменты негативно сказывались на качестве видео и сильно затрудняли анализ.

## 6. РАСПОЗНАВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ

После указанной обработки видеофрагментов они были готовы для того, чтобы воспользоваться системой распознавания.

В качестве программного средства для распознавания было принято решение воспользоваться библиотекой Python под названием ImageAI<sup>4</sup>, которая позволяет любому, обладающему базовыми знаниями Python, создавать приложения и системы, которые могут обнаруживать объекты в видео, используя всего несколько строк программного кода. ImageAI поддерживает YOLOv3, это алгоритм обнаружения объектов, который мы будем использовали в работе.

<sup>3</sup> <https://www.blender.org/>

<sup>4</sup> <http://imageai.org/>

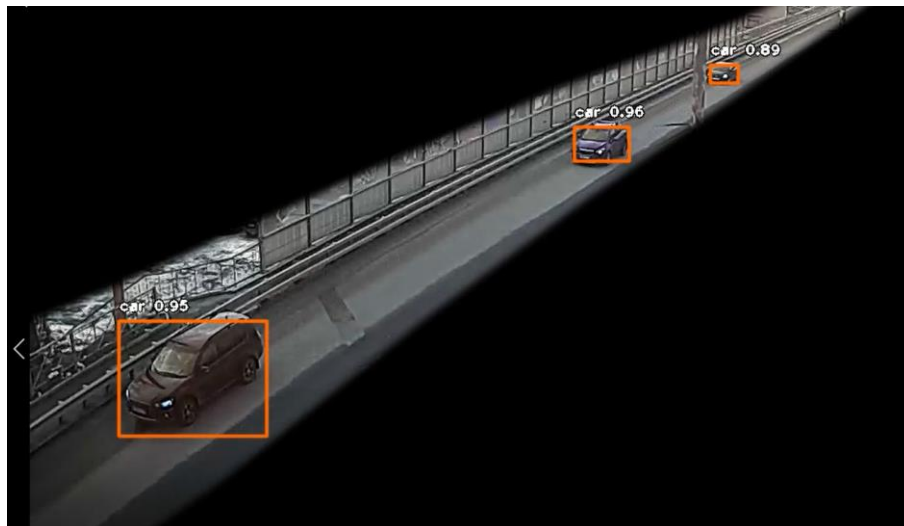


Рис. 3. Пример работы библиотеки ImageAI.

На Рис. 3. Показан результат работы библиотеки ImageAI на выбранном для анализа видеофрагменте. Программа покадрово сопоставляет данные видеофрагмента с базой объектов YOLOv3. На Рисунке показывается вероятность схожести объекта на ролике с эталонными объектами в базе объектов YOLOv3.

Распознавание объектов на видеофрагменте крайне ресурсозатратная технология и требует серьезных компьютерных мощностей. Получасовой видеофрагмент на компьютере с характеристиками i7 / 8 Gb Ram / SSD / GeForce950M2Mb может анализироваться несколько часов. Более того, указанных ресурсов может не оказаться в наличии в юных исследователей (на которых также нацелена эта работа). Поэтому было принято решение воспользоваться бесплатными возможностями Google Colab<sup>5</sup>, в составе которого можно запускать код на Python, в том числе программу с использованием библиотеки ImageAI. Более того, в Google Colab можно активировать использование графических ускорителей Nvidia Tesla<sup>6</sup>, которые в разы ускоряют работу программы распознавания.

```
detector = VideoObjectDetection()
detector.setModelTypeAsYOLOv3()
detector.setModelPath(os.path.join(execution_path, "yolo.h5"))
detector.loadModel(detection_speed="normal")

|
detector.detectObjectsFromVideo(
    input_file_path=os.path.join(execution_path, "200302m.mp4"),
    per_second_function=forSeconds,
    save_detected_video=True,
    output_file_path=os.path.join(execution_path, "200302m-detected"),
    minimum_percentage_probability=30,
    frames_per_second=25,
    log_progress=True)

print("Writing complete")
```

Рис. 4. Программа использования библиотеки ImageAI.

<sup>5</sup> <https://colab.research.google.com/>

<sup>6</sup> <https://habr.com/ru/post/348058/>

На рисунке 4 представлен текст программы для работы с библиотекой ImageAI. Подробно описание работы библиотеки, а также особенности ее настройки указаны на сайте ImageAI<sup>7</sup>. Как результат – программа выдает результат, посекундно указывая, сколько и каких уникальных объектов было в указанную секунду. Библиотека собирает в нашем случае данные по количеству легковых автомобилей и грузовых, автобусов, а также подсчитывает количество людей.

Чтобы удобно было собирать эти данные и в дальнейшем анализировать, было принято решение воспользоваться модулем csv на Python<sup>8</sup> и записывать в файл с расширением csv получаемые данные.

Пример программы для запуска модуля csv на Python представлен ниже.

```
def forSeconds(second_number, output_arrays, count_arrays, average_output_count):
    myData = [second_number, average_output_count],
    myFile = open('200302m.csv', 'n')
    with myFile:
        writer = csv.writer(myFile)
        writer.writerow(myData)
```

Рис 5. Программа использования модуля csv на Python.

Таким образом, в результате обработки видеофрагментов с использованием программного комплекса Python, ImageAI, YOLOv3 удалось по каждому видеофрагменту получить результат в виде файла csv (см. на рис. 6.)

	A	B	C
1	200308		
2	5,"{'car': 3, 'truck': 0}"		
3	6,"{'car': 2}"		
4	7,"{'car': 3, 'truck': 0, 'bus': 0}"		
5	8,"{'car': 1}"		
6	9,"{'car': 3, 'truck': 0}"		
7	10,"{'truck': 0, 'car': 2}"		
8	11,"{'car': 1, 'truck': 0}"		

Рис. 6. Пример файла csv с результатами распознавания.

В файле csv каждая строка – это секунда. По каждой строке библиотека ImageAI подсчитала количество легковых (car) и грузовых (truck) автомобилей, автобусов (bus).

<sup>7</sup> <https://imageai.readthedocs.io/en/latest/video/index.html>

<sup>8</sup> <https://python-scripts.com/import-csv-python>

## 7. ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА

Информация в формате csv не удобна для анализа, но ее очень удобно импортировать в таблицы Google или Microsoft Excel, где мы и будем проводить анализ полученных данных.

После импорта в таблицах Google или Microsoft Excel данные поступят в одном столбце и большим количеством строк (информация за каждую секунду). В каждой ячейке столбца будет строка, в которой информация будет представлена в виде:

```
285,"{'bus': 1, 'truck': 1, 'car': 5}"
```

Первое значение (285) – секунда с начала ролика.

Далее в фигурных скобках наименование распознанного объекта и его количество.

Для того, чтобы выделить из строки необходимые для нас сведения, мы воспользовались следующими функциями:

- НАЙТИ<sup>9</sup>;
- ЕСЛИОШИБКА<sup>10</sup>;
- ПСТР<sup>11</sup>;
- ЗНАЧЕН<sup>12</sup>.

Функция НАЙТИ помогает определить порядковый номер искомого значения в строке. ПСТР извлекает искомое значение из строки. ЕСЛИОШИБКА заменяет значение, которое невозможно записать другим значением, указанным в формуле. ЗНАЧЕН преобразует строку текста, отображающую число, в число.

С помощью вышеуказанных функций из строк извлекаются данные (см. Рисунок 7).

5,"{'truck': 1, 'car': 8, 'person': 0, 'stop sign': 0}"	car	18	21	car	24	25	8	truck	6	11	truck	14	15	1	persc	28	34	persc	37	38	0
6,"{'truck': 1, 'car': 6, 'person': 0}"	car	18	21	car	24	25	6	truck	6	11	truck	14	15	1	persc	28	34	persc	37	38	0
7,"{'car': 7, 'person': 1, 'truck': 0}"	car	6	9	car	12	13	7	truck	29	34	truck	37	38	0	persc	16	22	persc	25	26	1
8,"{'car': 8, 'person': 0, 'truck': 0}"	car	6	9	car	12	13	8	truck	29	34	truck	37	38	0	persc	16	22	persc	25	26	0
9,"{'truck': 0, 'car': 8, 'person': 1}"	car	18	21	car	24	25	8	truck	6	11	truck	14	15	0	persc	28	34	persc	37	38	1
10,"{'truck': 1, 'car': 8, 'person': 0}"	car	19	22	car	25	26	8	truck	7	12	truck	15	16	1	persc	29	35	persc	38	39	0

Рис. 7. Пример обработки данных.

<sup>9</sup> <https://clck.ru/RTM5K> (ссылка на Сайт Майкрософт)

<sup>10</sup> <https://clck.ru/RTM75> (ссылка на Сайт Майкрософт)

<sup>11</sup> <https://clck.ru/RTM7o> (ссылка на Сайт Майкрософт)

<sup>12</sup> <https://clck.ru/RTM8Y> (ссылка на Сайт Майкрософт)

Затем данные приводятся к виду, удобному для построения графиков и диаграмм (см. Рисунок 8).

	A	B	C	D	E	F	G
1			car	bus	truck	person	motorcycle
2	19.02.2020	12:00:01	8	0	1	0	0
3	19.02.2020	12:00:02	6	0	1	0	0
4	19.02.2020	12:00:03	7	0	0	1	0
5	19.02.2020	12:00:04	8	0	0	0	0
6	19.02.2020	12:00:05	8	0	0	1	0
7	19.02.2020	12:00:06	8	0	1	0	0
8	19.02.2020	12:00:07	6	0	1	0	0
9	19.02.2020	12:00:08	8	0	1	0	0
10	19.02.2020	12:00:09	8	0	0	0	0
11	19.02.2020	12:00:10	9	0	1	0	0
12	19.02.2020	12:00:11	8	0	1	0	0
13	19.02.2020	12:00:12	7	0	0	0	0
14	19.02.2020	12:00:13	9	0	0	0	0
15	19.02.2020	12:00:14	10	0	1	0	0

Рис. 8. Пример итоговой таблицы для построения графиков.

В таком виде уже удобно строить графики и проводить аналитическую работу над данными.

Исходные данные, показанные на рис.6, и данные, указанные на рис. 8, хранятся в файле, который можно найти по ссылке <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oRTakPhEKZADZyKSljP8v9x6bTSS8Mky4mBqd-MWTi4/edit?usp=sharing> (сокращенный вариант ссылки для удобства - <https://clck.ru/Rgq3Q> ).

## 8. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ И РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ТАБЛИЦ

Использование графиков, диаграмм и результирующих таблиц позволяет легко и наглядно представлять данные, анализировать их и делать выводы.

По полученным данным мы строим график в программе Excel.

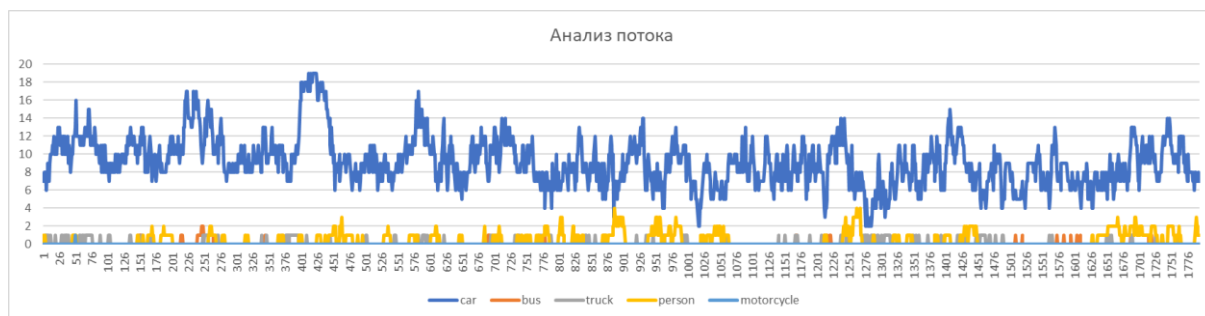


Рис. 9. График анализа потока машин на 30 минут (посекундно).

На рисунке 9 наглядно представлен поток легковых и грузовых машин, автобусов, мотоциклов и людей. Как мы видим из графика, основу транспортного потока составляют легковые автомобили. На основе данных по легковым машинам мы и попытаемся подтвердить или опровергнуть выдвинутую гипотезу.

## 9. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ

Для анализа данных нам потребуются знания анализа временных рядов. Анализ временных рядов позволяет изучить показатели во времени<sup>13</sup>. Временной ряд – это числовые значения статистического показателя, расположенные в хронологическом порядке.

Подобные данные распространены в самых разных сферах человеческой деятельности: годовые объемы продаж, производства, ежемесячный объем осадков, а также поток транспортных средств (в нашем случае).

Если фиксировать значения какого-то процесса через определенные промежутки времени, то получатся элементы временного ряда. Их изменчивость пытаются разделить на закономерную и случайную составляющие. Закономерные изменения членов ряда, как правило, предсказуемы.

В начале работы мы выдвинули гипотезу – влияет ли светофор на поток машин и в какой степени. Попробуем применить знания по анализу временных рядов и ответить на поставленный вопрос.

В программе Microsoft Excel имеется возможность подключения пакета анализа<sup>14</sup>, из которого мы воспользуемся инструментом Экспоненциальное сглаживание<sup>15</sup>, а также построим график скользящего среднего.

С помощью этих инструментов мы сможем сгладить случайные отклонения с целью попытки выявить некие тенденции. Далее мы построим график на основе тех же данных, что и на рисунке 9, взяв только данные потока легковых машин, и используя инструменты Экспоненциального сглаживания и Скользящего среднего.

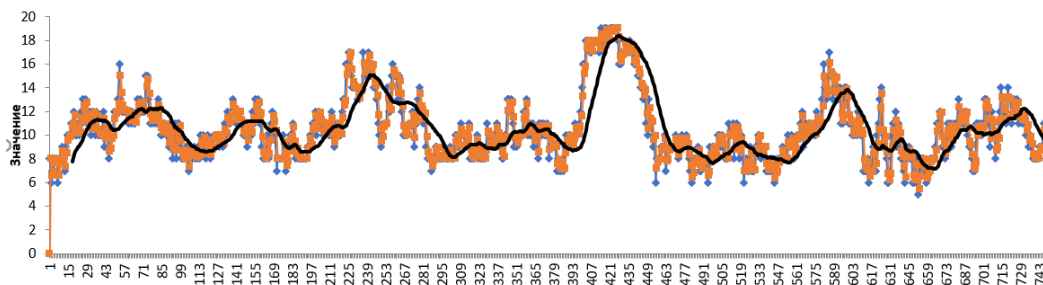


Рис. 10. График Экспоненциального сглаживания ряда легковых машин с графиком Скользящего среднего (чёрная линия).

Это довольно просто можно сделать с помощью Excel, не вдаваясь в сложные пока для меня расчеты.

Как мы видим из Рисунка 10, четко прослеживаются повторяющиеся колебания потока. Они представлены двумя «всплесками», которые повторяются через равные промежутки времени. Для того, чтобы проверить гипотезу влияния светофора, нам необходимо узнать, сколько времени работает светофор, который следует по ходу движения транспортного потока.

<sup>13</sup> <https://exceltable.com/otchety/analiz-vremennyh-ryadov>

<sup>14</sup> <https://clck.ru/RTQ2Z> (ссылка на Сайт Майкрософт)

<sup>15</sup> <https://ru.coursera.org/lecture/trendy-klassifikatsii/2-3-adaptivnyie-modieli-eksponentsial-noie-sghlzhivaniie-hMljk> (ссылка на Обучающий ролик на тему «Адаптивные модели. Экспоненциальное сглаживание»)

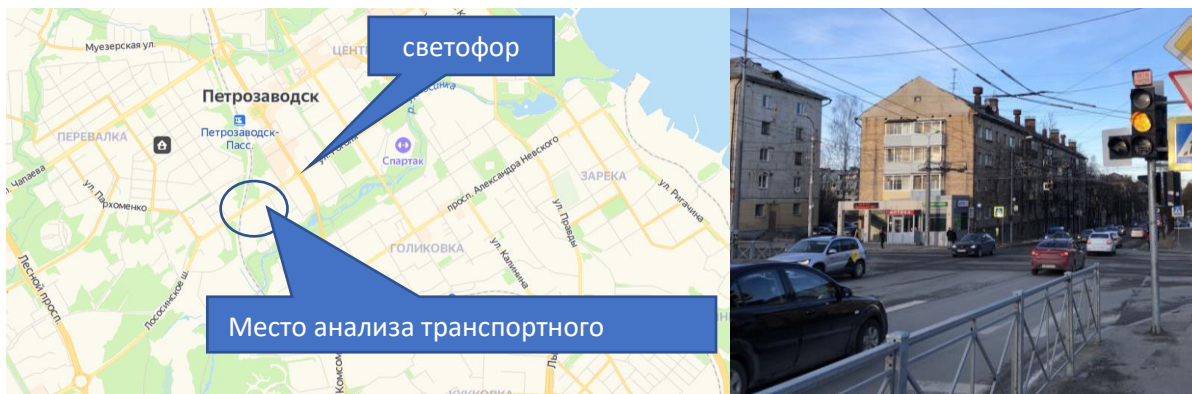


Рис. 11. Анализируемый участок, фото светофора.

Из рисунка 11 видно, что красный свет горит 130 секунд. Около 60 секунд горит зеленый свет. Попробуем на график из рисунка 10 наложить маску времени длиной 180-190 секунд.

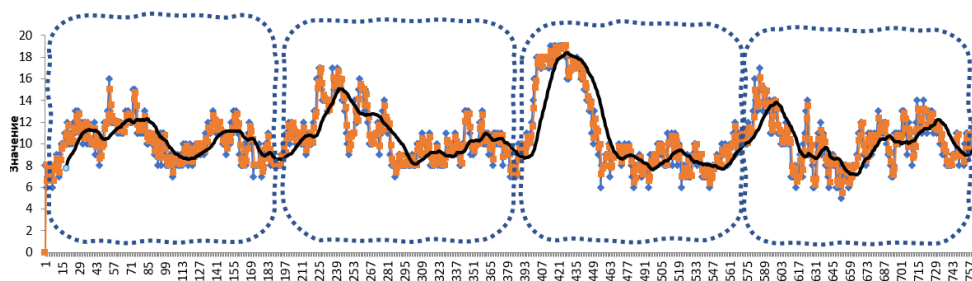


Рис. 12. Наложение времени работы светофора на сглаженный временной ряд.

Как мы видим из рисунка 12, после наложения временной маски четко прослеживается два пика, показывающие увеличение плотности потока с последующими снижениями.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что светофор, который находится по ходу движения транспортного потока влияет на его величину, при том, характер влияния представлен двумя пиками.

Два пика можно объяснить работой светофора, который направляет движение

1. Прямо и направо;
2. Налево.

Конечно, величина потока зависит не только от работы светофора. Также влияние оказывает время суток, время года, погода. То есть то, что заставляет машины двигаться быстрее или медленнее.

Мы в нашей проектно-исследовательской работе выбрали проверку зависимости транспортного потока от работы светофора, поскольку это на работу светофора мы (службы города) влиять можем.

## 10.ВЫВОДЫ

Проведя работы над проектом, мы достигли поставленной цели. Получилось создать модель для анализа транспортного потока и выявить зависимость его величины от влияния фактора работы светофора. Мы воспользовались общедоступными алгоритмами, программами и вычислительными мощностями. По результатам работы нам удалось сделать вывод о зависимости транспортного потока в конкретном месте от работы конкретного светофора. На графике, показывающем величину транспортного потока на временном ряду, видна его величина и повторяющиеся пики. Сопоставили их со временем работы светофора, который следует далее по потоку. Увидели зависимость потока от работы двух секций светофора: прямо и направо и стрелка налево. Большой пик транспортного потока соответствует работе секции светофора зеленый прямо и направо. Небольшой пик транспортного потока соответствует работе секции светофора зеленая стрелка налево.

В дальнейшем этот алгоритм действий можно использовать для того, чтобы замерять величину транспортного потока до и после изменения работы светофора. Также можно сравнивать величину потоков по времени суток, дням недели, временам года. Эту работу может повторить любой школьник или студент и проанализировать транспортный поток в любом интересующем его месте. Используя этот алгоритм действий по анализу транспортных потоков службы городов могут регулировать его, например, через оптимизацию работы светофоров и ускорять потоки. Это поможет минимизировать воздействие на население выхлопных газов, более эффективно использовать время людей и топливо. Это также поможет повысить экономическую эффективность и жизнеспособность экономики городов.

## 11.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теперь с уверенностью можно сказать, что цель достигнута – алгоритм действий по анализу транспортного потока работает, а имеющиеся ресурсы для этого достаточны. Можно двигаться дальше.

Практический опыт, полученный в результате работы над этим проектом, мне необходим для моих дальнейших проектов. Следующие работы будут базироваться на имеющихся наработках и будут вестись в области имитационного моделирования транспортных потоков, анализа и подсчета других объектов или ситуаций уже не по сохранённым видео с камеры, а из потока в реальном времени.

Также в рамках развития и продолжения этой работы автором планируется запись нескольких обучающих видеороликов, описывающих основные этапы проводимых работ для того, чтобы интересующиеся этой темой ребята смогли повторить их в рамках своих исследований.

Автор надеется, что работа продолжит свое развитие в других городах и будет полезна различным службам для оптимизации транспортных потоков и улучшения экологии регионов.

Благодарю моего научного руководителя Ефлова Владимира Борисовича за методическую помощь в реализации проекта, его развитии. Также большой вклад на разных этапах внесли знания, полученные в Кванториуме Сампо в процессе обучения в группах Нейросети, Базы данных, Старт в IT. Спасибо. Не все полученные знания удалось реализовать в этом проекте, но они обязательно будут использованы в дальнейшем.

## 12. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ, ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия. Статья «Зеленая инженерия». [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_engineering)
2. Документация по использованию ImageAI - библиотеки Python по распознаванию объектов. <http://imageai.org/>
3. Статья на сайте Habr.ru. «Бесплатная GPU Tesla K80 для ваших экспериментов с нейросетями». <https://habr.com/ru/post/348058/>
4. Статья на сайте python-scripts.com. «Обрабатываем csv файлы — Модуль csv». <https://python-scripts.com/import-csv-python>
5. Описание функции «НАЙТИ» в программе Excel на сайте Microsoft. <https://clck.ru/RTM5K> (ссылка на Сайт Майкрософт)
6. Описание функции «ЕСЛИОШИБКА» в программе Excel на сайте Microsoft. <https://clck.ru/RTM75> (ссылка на Сайт Майкрософт)
7. Описание функции «ПСТР» в программе Excel на сайте Microsoft. <https://clck.ru/RTM7o> (ссылка на Сайт Майкрософт)
8. Описание функции «ЗНАЧЕН» в программе Excel на сайте Microsoft. <https://clck.ru/RTM8Y> (ссылка на Сайт Майкрософт)
9. Статья на сайте exceltable.com. «анализ временных рядов и прогнозирование в excel на примере». <https://exceltable.com/otchety/analiz-vremennyh-ryadov>
10. Документация на сайте Microsoft к Excel по Использованию пакета анализа. (Экспоненциальное сглаживание и Скользящее среднее). <https://clck.ru/RTQ2Z> (ссылка на Сайт Майкрософт)
11. Обучающий ролик на сайте coursera.org на тему «Адаптивные модели. Экспоненциальное сглаживание». <https://clck.ru/Rgkkg>