

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики  
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
/ В.В. Шайдуров

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

## **МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ РЕАЛЬНОГО СВЕТОФОРА В ВИДЕОПОТОКЕ**

**Направление 02.04.01 Математика и компьютерные науки**

**Магистерская программа Математическое и компьютерное моделирование**

|                |   |                |
|----------------|---|----------------|
| Руководитель   | доцент, кандидат физико-математических наук | И.В. Баранова  |
| Выпускник      |   | Д.А. Айрапетян |
| Нормоконтролер |   | Т.Н. Шипина    |

Красноярск 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Светофоры на протяжении десятилетий были важным инструментом регулирования дорожного движения. Они направляют транспортные средства и пешеходов для обеспечения безопасности и эффективности дорожного движения. Однако иногда водители могут не замечать сигналы светофора либо из-за потери концентрации, либо из-за недостаточной видимости, вызванной погодными условиями, такими как туман. Хотя светофоры доказали свою полезность, распознать их в видеопотоках может быть непросто, особенно для автоматизированных систем.

Традиционный подход к распознаванию сигналов светофора основывался на использовании методов сегментации на основе цвета, которые не всегда были надежными, поскольку цвет светофоров может меняться из-за изменений условий освещения. Таким образом, распознавание светофоров в режиме реального времени с использованием методов компьютерного зрения является сложной задачей. Недавние достижения в области глубокого обучения и сверточных нейронных сетей (CNN) значительно повысили точность и эффективность систем распознавания сигналов светофора.

Для обеспечения безопасности дорожного движения автономными транспортными средствами решающее значение имеет точное обнаружение сигналов светофора, что может привести к уменьшению заторов на дорогах и улучшению общего впечатления от вождения. По этой причине разработка алгоритма распознавания реальных светофоров в видеопотоках стала важной областью исследований.

Цель работы – разработка алгоритма распознавания реального светофора в видеопотоке. Алгоритм предназначен для обнаружения светофоров при нормальных погодных условиях и освещении. Алгоритм способен обнаруживать светофоры при различных ориентациях и расстояниях, что делает его пригодным для развертывания в реальных сценариях.

Предлагаемый алгоритм состоит из трех основных этапов: этапа предварительной обработки, этапа извлечения признаков и этапа классификации. Этап предварительной обработки включает в себя удаление шума и нормализацию освещенности. На этапе извлечения признаков объекты из предварительно обработанного изображения извлекаются с помощью алгоритма сегментации. Наконец, этап классификации включает в себя классификацию извлеченных объектов как светофоров или не светофорных объектов.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие задачи:

- Изучить постановку задачи распознавания образов и основные алгоритмы решения;
- Разработать алгоритм распознавания реального светофора в видеопотоке;

- Разработать программное обеспечение, реализующее работу предложенного алгоритма распознавания;
- Решить практическую задачу распознавания образов;
- Провести анализ полученных результатов решения практической задачи.

**Теоретической значимостью исследования** является разработка алгоритма распознавания светофоров в видеопотоке и имеет важное значение, поскольку требует объединения алгоритмов машинного обучения и совершенствования методов обработки изображений, которые могут обеспечить точное обнаружение светофоров в режиме реального времени. Это исследование расширяет возможности технологии компьютерного зрения, которая может быть применена в различных областях, включая наблюдение, навигацию и робототехнику. Изучение алгоритмов, используемых при распознавании сигналов светофоров, может способствовать дальнейшему совершенствованию городских транспортных систем и повышению безопасности участников дорожного движения. Применение интеллектуальных транспортных систем (ITS) позволило оптимизировать управление дорожным движением в режиме реального времени путем обработки информации о дорожном движении, собираемой с камер, стационарных и мобильных датчиков и других источников данных. Алгоритм, способный точно распознавать сигналы светофора, хорошо вписался бы в надежное ITS-решение, способное оптимизировать управление городским движением путем изменения времени подачи сигналов для разных полос движения в разное время суток. Исследования в области распознавания сигналов светофора могут значительно повысить безопасность самоуправляемых автомобилей (SDC). Самоуправляемые автомобили используют различные датчики и алгоритмы для обнаружения, анализа и интерпретации данных из различных источников, таких как гидролокатор, лидар и камеры. Точное определение сигналов светофора может помочь SDCs более плавно ориентироваться, ускоряться или останавливаться и снизить риск столкновений. Таким образом, это исследование имеет значительные теоретические последствия для разработки интеллектуальных автономных транспортных систем.

**Практическая значимость исследования** заключается в реализации теоретических предположений в виде программного обеспечения. Например, технология может быть применена в транспортных системах и управлении дорожным движением для предоставления точных данных в режиме реального времени для маршрутизации и регулирования дорожного движения, повышая эффективность транспортных потоков. Более того, использование этой технологии в SDCs может обеспечить более плавное и безопасное вождение, сведя к минимуму пробки на дорогах и снизив риск несчастных случаев. Помимо транспортного сектора, распознавание сигналов светофоров также имеет значительные последствия для общественной безопасности. Правоохранительные органы могут использовать эту технологию для выявления нарушений правил дорожного движения и улучшения соблюдения

правил дорожного движения. Кроме того, интеллектуальные светофоры могут изменять время подачи сигналов светофора в зависимости от количества транспортных средств или пешеходов, ожидающих на определенном пешеходном переходе. В заключение следует отметить, что разработка алгоритма распознавания светофоров в видеопотоках имеет значительные теоретические и практические последствия. Это исследование расширило применение методов машинного обучения и обработки изображений в области городских транспортных систем и городской безопасности. Способность точно распознавать сигналы светофора позволила получить важную информацию для оптимизации управления дорожным движением в режиме реального времени и способствовала разработке интеллектуальных автономных транспортных систем. Поскольку технология продолжает развиваться, распознавание сигналов светофоров стало жизненно важной областью исследований с огромным потенциалом, которая окажет глубокое влияние на транспортную отрасль.

В первой главе диссертации дается постановка задачи и необходимые определения.

Во второй главе приводятся основные методы выделения контура светофора.

В третьей главе описывается предложенный алгоритм определения реального светофора на основе статистических признаков.

В четвертой главе описана и решена практическая задача, для которой были произведены вычислительные эксперименты, и создан программный модуль, реализующий работу всех необходимых методов. Также выполняется сравнительный анализ полученных результатов.

В пятом разделе описывается разработанное программное обеспечение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

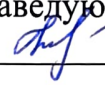
1. Яншин, В. В. Обработка изображений на языке Си для IBM PC / В.В. Яншин, Г.А. Калинин – Москва: Мир, 1994. – 240 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера, 2005. – 1072с.
3. Воронцов, К. В. Лекции по прогнозированию временных рядов – [Электронный ресурс] / Machine Learning. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/archive/c/cb/20160412121749!voronov-ml-forecasting-slides.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
4. Местецкий, Л. М. Математические методы распознавания образов / Л. М. Местецкий. – Москва: МГУ, 2004. – 85 с.
5. Ian, T. Fundamentals of Image Processing / T. Ian, J. Jan, J. Lucas // [Электронный ресурс] / Informatic Homepages. – Электрон. дан. – Режим доступа: [https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL\\_COPIES/TUDELFT/FIP2\\_3.pdf](https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/TUDELFT/FIP2_3.pdf) – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
6. Milan, S. Image Processing, Analysis, and Machine Vision / S. Milan, H. Vaclav, V. Roger // [Электронный ресурс] / Kgut. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://kgut.ac.ir/useruploads/1550563201478ety.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
7. Лепский, А. Е. Математические методы распознавания образов / А.Е. Лепский, А. Г. Броневиц. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
8. Konstantinos, N. Comprehensive analysis of edge detection in color image processing / N. Konstantinos, N. Anastasios // [Электронный ресурс] / Florida Tech. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://repository.lib.fit.edu/bitstream/handle/11141/1838/612.pdf?sequence=1> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
9. Jerome, F. The Elements of Statistical Learning / F. Jerome, T. Robert, H. Trevor // [Электронный ресурс] / Trevor Hastie. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://hastie.su.domains/Papers/ESLII.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
10. Vitor, C. Evaluating time series forecasting models / C. Vitor, T. Luis, M. Igor // [Электронный ресурс] / arXiv. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1905.11744.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
11. Rob, H. Forecasting Principles and Practice / H. Rob, A. George // [Электронный ресурс] / Open Textbooks. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://otexts.com/fpp2/> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).
12. Huizhi, X. Improving the Sensitivity of Online Controlled Experiments: Case Studies at Netflix / X. Huizhi, A. Juliette // [Электронный ресурс] / SIGKDD. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.kdd.org/kdd2016/papers/files/adp0945-xieA.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 18.06.2023).

13. Armstrong, J. S. Principles of forecasting [Электронный ресурс] / Gwern Branwen. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://gwern.net/doc/statistics/prediction/2001-armstrong-principlesforecasting.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 21.06.2023).

14. Peter, B. Introduction to time series and forecasting / B. Peter, D. Richard // [Электронный ресурс] / Thierry Warin. – Электрон. дан. – Режим доступа: [https://warin.ca/ressources/books/2016\\_Book\\_IntroductionToTimeSeriesAndFor.pdf](https://warin.ca/ressources/books/2016_Book_IntroductionToTimeSeriesAndFor.pdf) – Загл. с экрана (дата обращения: 21.06.2023).

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики  
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
 В.В. Шайдуров

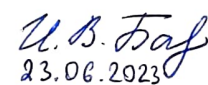


«23» июня 2023 г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ РЕАЛЬНОГО СВЕТОФОРА В ВИДЕОПОТОКЕ

Направление 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Магистерская программа 02.04.01.01 Математическое и компьютерное  
моделирование

|                |   |   |                |
|----------------|---|---|----------------|
| Руководитель   | <br>23.06.2023 | доцент, кандидат физико-<br>математических наук | И.В. Баранова  |
| Выпускник      | <br>23.06.2023 |   | Д.А. Айрапетян |
| Нормоконтролер | <br>23.06.2023 | доцент, кандидат физико-<br>математических наук | Т.Н. Шипина    |

Красноярск 2023