

# Разработка сервиса распознавания автомобильных регистрационных номеров для системы контроля дорожного трафика

Е.В. Скатова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

**Аннотация.** Распознавание автомобильных номеров очень популярно на данный момент. Для этого существует множество различных методов. В данной работе рассматриваются методы распознавания и классификации фрагментов изображения, метод Виолы-Джонса. Алгоритм поиска и нормализации угла наклона автомобильного номера, поиска верхней, нижней и боковых границ автомобильного номера, гистограммный анализ.

## 1. Введение

Распознавание автомобильных номеров на настоящий момент является достаточно распространённой технологией, предлагаемой вместе с системами видеонаблюдения. Однако, не смотря на внешнюю простоту задачи, распознавание номеров предполагает решения ряда нетривиальных вопросов, о чем свидетельствует большое количество подходов и научных публикаций. Если автомобильный номер расположен строго горизонтально, освещён равномерно, имеет чистую поверхность, чётко различимые символы, которые не «слипаются» ни друг с другом, ни с рамкой, то распознать такой номер для системы машинного зрения не составит труда. Но на практике такие условия редко встречаются: чаще всего освещение неравномерно, на изображении с камеры имеются различные шумы, а сам номер может быть расположен под существенным углом к горизонту и покрыт пятнами грязи, что затрудняет не только распознавание непосредственно символов номерного знака, но и определение местонахождения номера на изображении.

Для решения различных проблем разработчиками систем автоматического распознавания номеров применяются разнообразные методы обработки и анализа изображений: расчёт статистик интенсивности, частотная фильтрация, различные методы бинаризации и т.п. Некоторые системы лучше справляются с загрязнёнными номерами, некоторые способны работать в условиях слабой освещённости и т.п. Поэтому параллельно применяются разные методы, после чего проводится анализ результатов их работы (вычисление оценки качества распознавания). Для каждого кадра выбирается наилучший результат.

В одной из работ недостатком является частая неточность локализации [1]. В другой [2] применяются такие этапы, как: преобразование оттенков серого, применение двустороннего фильтра, нахождение краев и контуров с использованием ребер, выбор наилучшего приближения – контур с четырьмя углами.

Все перечисленные методы имеют большое количество недостатков и в большинстве случаев выдают неправильный результат.

Настоящая статья описывает распознавание автомобильных номеров, которое актуально для автоматизации работы государственных органов безопасности дорожного движения. Основной целью данной работы является разработка программы по распознаванию русских номеров машин. Распознавание выполняется с помощью библиотеки OpenCV [3].

## 2. Методы детектирования и распознавания автомобильных номеров

### 2.1 Метод Виолы-Джонса

Метод Виолы-Джонса — алгоритм, позволяющий обнаруживать объекты на изображениях в реальном времени. Его предложили Паул Виола и Майкл Джонс в 2001 году. Основные принципы, на которых основан метод, это использование изображения в интегральном представлении, что позволяет вычислять необходимые объекты. В методе используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта. Для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения используется бустинг (от англ. boost – улучшение, усиление).

Для того, чтобы с данными можно было производить действия, используется интегральное представление.

Интегральное представление изображения – это матрица, совпадающая по размерам с исходным изображением. В каждом элементе матрицы хранится сумма интенсивностей всех пикселей, находящихся левее и выше данного элемента. Элементы этой матрицы можно рассчитать по формуле (1):

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j) \quad (1)$$

где  $I(i, j)$  – яркость пикселя.

Каждый элемент матрицы  $L[x, y]$  представляет собой сумму пикселей в прямоугольнике от (0,0) до (x,y), т.е. значение каждого пикселя (x,y) равно сумме значений всех пикселей левее и выше данного пикселя (x,y).

Расчёт значений элементов матрицы проходит за время, пропорциональное числу пикселей в исходном изображении, поэтому интегральное изображение просчитывается за один проход.

Элементы матрицы рассчитываются по формуле (2):

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x - 1, y - 1) + L(x, y - 1) + L(x - 1, y) \quad (2)$$

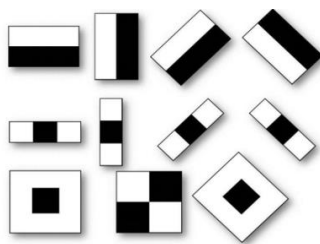
С помощью интегрального представления изображения можно быстро рассчитать суммарную яркость произвольной прямоугольной области на изображении.

На этапе обнаружения объекта в методе Виолы-Джонса используется окно определенного размера, которое движется по изображению. Для каждой области изображения, над которой проходит окно, рассчитывается признак Хаара [4], с помощью которого происходит поиск нужного объекта.

Признак-отображение, где  $Df$  – множество допустимых значений признака. Если заданы признаки  $f_1, \dots, f_n$ , то вектор признаков  $x=(f_1(x), \dots, f_n(x))$  называется признаковым описанием объекта  $x$ . Признаковые описания допустимо сопоставлять с самими объектами. При этом множество  $X=Df_1 * \dots * Df_n$  называют признаковым пространством.

Признак Хаара вычисляется по смежным прямоугольным областям. В стандартном методе Виолы-Джонса используются прямоугольные примитивы, изображённые на рисунке 1.

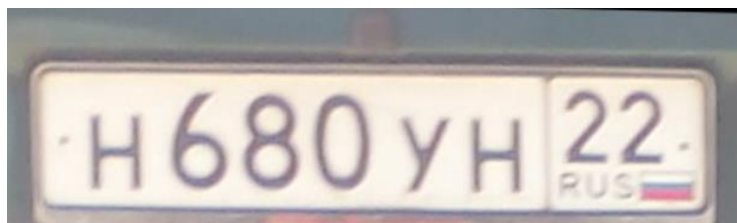
Вычисляемым значением  $F$  признака Хаара будет разность  $X$  и  $Y$ , где  $X$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью примитива,  $Y$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых темной частью. Использование признаков Хаара дает точечное значение перепада яркости по оси  $X$  и  $Y$  соответственно.



**Рисунок 1.** Прimitives Хаара.

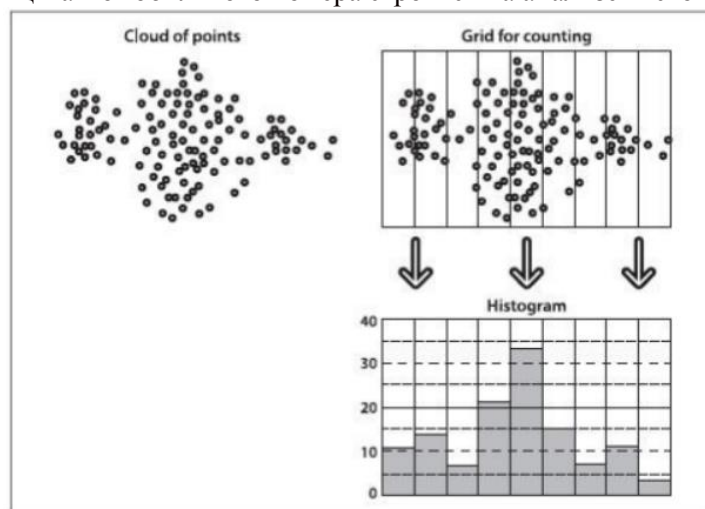
## 2.2 Алгоритм нормализации угла наклона

После нахождения автомобильного номера [5] нужно подготовить его к распознаванию, для этого следует нормализровать угол наклона автомобильного номера. Предположим, что номер может иметь диапазон поворота от  $-10^\circ$  до  $+10^\circ$ . При этом новый кадр обрабатывается каждый раз с шагом в  $0.1^\circ$ . С каждым кадром работа производится независимо. Какая гипотеза по повороту даст лучший результат, та и победит. Для каждого кадра рассчитывается нижняя граница изображения. После работы алгоритма выигрывает угол, для которого была рассчитана самая верхняя граница. Это и будет искомым углом. Результат работы алгоритма отображён на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Результат работы алгоритма.

После того как угол наклона автомобильного номера найден, требуется найти его границы. Поиск нижней границы автомобильного номера строится на анализе гистограммы яркости.



**Рисунок 3.** Принцип построения гистограмм.

Для начала изображение обрабатывается [6] с помощью определенного правила, которое задаёт условие разделения пикселей на чёрные и белые. Данная операция называется бинаризацией изображения. После бинаризации в каждой колонке подсчитывается количество чёрных пикселей. На основе полученной информации строится гистограмма изображения. Принцип построения гистограммы отображён на рисунке 3. Пример бинаризованного автомобильного номера и его гистограммы приведён на рисунке 4.



**Рисунок 4.** Бинаризация автомобильного номера и гистограмма.

Из рисунка 4 видно, что имеются резкие возрастания уровня гистограммы в начале и конце автомобильного номера. В алгоритме анализируются данные возрастания. На их основе строится гипотеза о нижней границе автомобильного номера.

### *2.3 Алгоритм поиска верхней и боковых границ автомобильного номера*

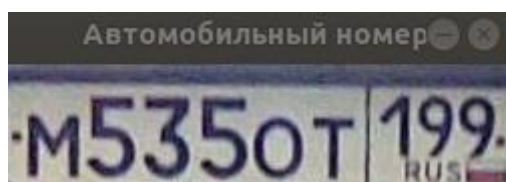
Опишем, как работает алгоритм нахождения верхней границы автомобильного номера: сначала применяется метод поиска верхней границы, принимающего на вход изображение автомобильного номера. Затем используется детектор Хаара для поиска букв в изображении автомобильного номера. Далее происходит сортировка найденных букв по высоте, вычисляется средняя высота из всех найденных. В завершении метода возвращается средняя высота.

Для определения боковых границ автомобильного номера будем применять метод построения гистограммы яркости, гипотеза с использованием гистограммы яркости для поиска верхней границы автомобильного номера работает в 50% случаев.

На данном этапе автомобильный номер уже обрезан по верхней и нижней границе, остаётся определить боковые границы автомобильного номера. В данном случае, применяется метод построения гистограммы яркости, но появляется проблема: цвет автомобиля. Если автомобиль белого цвета, то после бинаризации изображение по краям будет иметь белый цвет, а если автомобиль чёрного цвета, то края будут чёрные, а сам номер белым. Отсюда следует вывод, что нужно использовать две гипотезы на каждый бок, одна для поиска границы на белой машине и вторая для поиска на чёрной границе. Выигрывает та гипотеза, результатом исследования которой является результат ближайший к центру автомобильного номера. Для улучшения качества поиска боковых границ автомобильного номера, перед построением гистограммы яркости проводятся основные морфологические преобразования. Erode — размывание (операция сужения). Dilate — растягивание (операция расширения).

### *2.4 Сегментации автомобильного номера на символы*

Результатом работы алгоритма поиска боковых границ автомобильного номера, является изображение номера, для которого применим алгоритм сегментации на символы. Пример полученного автомобильного номера после выполнения алгоритма поиска боковых границ приведён на рисунке 5.



**Рисунок 5.** Результат выполнения алгоритма поиска границ автомобильного номера.

Для нахождения символов автомобильного номера используются методы из библиотеки OpenCV. Сначала производится бинаризация изображения (то есть преобразование в чёрно-белый формат). После бинаризации полученное изображение обрабатывается фильтром средних частот (это поможет избавиться от шума на изображении). Далее для размытия изображения используется метода Гаусса. На следующем этапе используется детектор границ Канни. Алгоритм детектора достаточно прост и заключается в следующем: убрать шум и

лишние детали из изображения, рассчитать градиент изображения, сделать края тонкими, связать края в контуры.



Рисунок 6. Шаги преобразования.

Результаты и шаги преобразования автомобильного номера отображены на рисунке 6. После выделения границ используется стандартная функция для поиска связанных областей. Окончательным этапом поиска связанных областей является сравнения найденной области с шаблоном символа автомобильного номера и отбрасыванием некорректных областей.

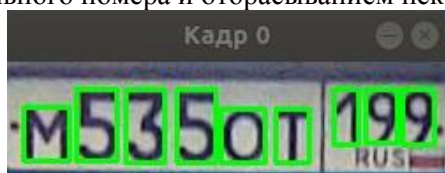


Рисунок 7. Выделение символов.

Результат выделения символов приведён на рисунке 7.

## 2.5 Распознавание символов автомобильного номера

Метод распознавания символов начинает работу с приёма на вход контейнера с символами. Объявляется переменная для хранения распознанных символов. Символы перебираются в цикле. Происходит выделение символа из изображения автомобильного номера, и перевод в чёрно-белый формат. Далее применяется бинаризация, приведение символа к размеру  $20 \times 30$ , и фильтр Гаусса. Таким образом, все найденные символы будут приведены к некоторому стандартному виду. Для каждого изображения  $20 \times 30$  далее нужно выполнить следующие действия: установить фильтры TesseractOCR [7] в зависимости от номера символа, распознать символ с использованием TesseractOCR. В заключении поместить распознанный символ в переменную для хранения символов.

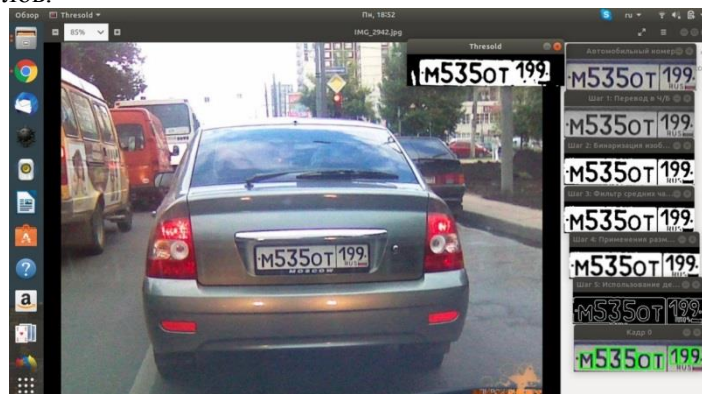


Рисунок 8. Демонстрация работы программы.

### 3. Экспериментальные исследования

Для проверки был взят набор изображений русских машин, на которых производились различные тесты. Программа осуществила выделение и распознавание автомобильного номера. Результаты работы программы по распознаванию номера приведены на рисунках 8 и 9.

```

Angle: -2
31
29
23
22
22
1
0
Left: 24 Right: 277
Size width: 253 Height: 62
Height: 30 width: 19% Min x: 154 Width: 19
Height: 30 width: 25% Min x: 123 Width: 25
Height: 30 width: 26% Min x: 11 Width: 26
Height: 31 width: 18% Min x: 226 Width: 18
Height: 30 width: 18% Min x: 205 Width: 18
Height: 31 width: 14% Min x: 187 Width: 14
Height: 41 width: 22% Min x: 98 Width: 22
Height: 41 width: 22% Min x: 69 Width: 22
Height: 40 width: 23% Min x: 41 Width: 23
M5350T199

```

Рисунок 9. Демонстрация работы программы.

### 4. Заключение

В статье описываются методы распознавания и классификации фрагментов изображения, метод Виолы-Джонса. Продемонстрирован алгоритм поиска и нормализации угла наклона автомобильного номера, поиска верхней, нижней и боковых границ автомобильного номера, гистограммного анализа, нормализации и выделения связанных областей в изображении автомобильного номера и распознавание найденных символов. А также, продемонстрирован пример работы программы по распознаванию автомобильного номера.

### 5. Литература

- [1] MicrocontrollersAndMore/OpenCV\_3\_License\_Plate\_Recognition\_Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://github.com/MicrocontrollersAndMore/OpenCV\\_3\\_License\\_Plate\\_Recognition\\_Python](https://github.com/MicrocontrollersAndMore/OpenCV_3_License_Plate_Recognition_Python) (8.10.2018).
- [2] Car-Number-Plate-Detection-OpenCV-Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/Aqsa-K/Car-Number-Plate-Detection-OpenCV-Python> (9.10.2018).
- [3] Библиотека обработки изображений OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org> (11.11.2018).
- [4] Работа каскада Хаара в OpenCV в картинках: теория и практика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/recognitor/blog/228195/> (21.11.2018).
- [5] A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition Kuo-Ming Hung and Ching-Tang Hsieh: гистограммный подход при распознавании номеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/13-4/09-IE9722.pdf> (20.11.2018).
- [6] Крашенинников, В.Р. Основы теории обработки изображений: Сборник лабораторных работ // Ульяновск: УлГТУ, 2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005217/1319.pdf> (21.11.2018).
- [7] Latest Deep Learning OCR with Keras and Supervisely [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hackernoon.com/latest-deep-learning-ocr-with-keras-and-supervisely-in-15-minutes-34aec630ed8> (10.11. 2018).
- [8] Разработка библиотеки распознавания российских автомобильных номеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kostyakulakov.ru/библиотека-распознавания-номеров-opencv/> (5.10.2018).

# Development of service for recognition of vehicle registration numbers for traffic control system

E.V. Skatova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

**Abstract.** Car number recognition is very popular at the moment. There are many different methods for this. In this work we consider methods of recognition and classification of image fragments, Viola-Jones method. Search algorithm and normalization of the angle of inclination of the car number, search for the upper, lower and lateral boundaries of the car number, histogram analysis.