

Новый метод локализации номерных знаков транспортных средств для систем реального времени

В. В. Колюжнов

В статье предлагается новый метод локализации номерных знаков транспортных средств, пригодный к использованию в системах реального времени. Приводятся экспериментально полученные оценки эффективности и быстродействия работы алгоритма.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обработка изображений, ANPR, LPR, распознавание номерных знаков.

1. Введение

На сегодняшний день разработка программных средств, предназначенных для классификации объектов в последовательности видеок кадров с целью контроля транспортных потоков, является одним из активно развиваемых направлений ИТ-отрасли, что объясняется интересом как государственных структур, так и коммерческих организаций к вопросам контроля доступа и обеспечения безопасности на подконтрольных им территориях. Основным инструментом, используемым для решения задач классификации объектов в транспортных потоках, являются ANPR-системы.

Automatic number plate recognition (ANPR) – автоматическое распознавание номерных знаков – это метод массового наблюдения, который использует оптическое распознавание символов (OCR – Optical Character Recognition) применительно к изображениям для чтения регистрационных номерных знаков транспортных средств. Для этого могут быть использованы аналоговые камеры, IP-камеры и другие устройства, разработанные специально для этой задачи. Такие системы могут быть использованы и как метод автоматического сбора пошлины за проезд по платным дорогам, и для определения перемещений потоков транспорта или отдельных лиц. Одним из основных этапов работы ANPR-системы является нахождение области, соответствующей номерному знаку.

2. Постановка задачи

Существуют различные подходы к нахождению области номерного знака. В [1] описан метод, позволяющий определять вероятное местоположение номерных знаков по сильным скачкам яркости изображения. К достоинствам метода можно отнести его низкую трудоёмкость. Недостатками метода являются: резкое падение эффективности алгоритма на зашумлённых изображениях и производство большого количества ложных областей номерных знаков.

Другой подход состоит в определении номерного знака как области с большой частотой границ [2]. Метод позволяет осуществлять нахождение области, в которой находится номерной знак, но нахождение точной области номерного знака затруднительно. Кроме того, такой

подход гарантирует нахождение только одного номерного знака на изображении. В случае если предполагается распознавание нескольких номерных знаков на изображении, то данный метод не применим.

Ещё один подход предложен в [3] и основывается на использовании операций математической морфологии. Метод использует однотипные операции, что позволяет эффективно их реализовать. Метод настраивается на размер номерного знака и осуществляет эффективное нахождение областей номерного знака. К сожалению, для работы этого метода требуются бинарные изображения, поэтому необходимо устанавливать глобальный порог для всего изображения. В результате изображение номерного знака может быть «залито» чёрным или, наоборот, обесцвечено, что приводит к неудаче работы алгоритма. Этот метод слабо применим для использования в системах реального времени из-за слишком большого времени обработки изображения.

В этой статье представлено описание метода, свободного от указанных недостатков, но обладающего достоинствами описанных методов. Основные достоинства и недостатки предлагаемого метода и ранее рассмотренных алгоритмов сведены в табл. 1.

Таблица 1. Достоинства и недостатки методов нахождения области номерного знака

Достоинства и недостатки методов	Метод использования второй производной	Метод проекций	Морфологический метод	Предлагаемый метод
Низкая трудоемкость	+	+	—	+
Эффективный алгоритм	—	—	+	+
Отсутствие ограничений на количество обнаруживаемых номерных знаков	+	—	+	+
Отсутствие требования установки глобального порога для изображения	+	+	—	+

3. Теория

В этом разделе приводится описание нового разработанного алгоритма, достаточно эффективного и обладающего низкой трудоёмкостью, что позволяет его использовать для работы в системах реального времени. Предлагаемый алгоритм позволяет находить произвольное количество номерных знаков на изображении, и для его работы не требуется установка глобального порога.

Предлагаемый метод сканирует изображение построчно, определяя для каждой строки возможные границы местоположения номерного знака. Так же, как и для метода с использованием второй производной, возможно сканирование не всех строк изображения. Например, если ожидаются номерные знаки высотой около 30 пикселей, то для гарантированного пересечения сканирующего луча с номерным знаком достаточно сканировать в изображении каждую 15 строчку (рис. 1). Метод использует однотипные операции, что позволяет эффективно их реализовать.



Рис. 1. Сканирование изображения с шагом в половину высоты номерного знака

На рис. 2 показан результат работы алгоритма. На изображении найдено две области, похожие на номерной знак.

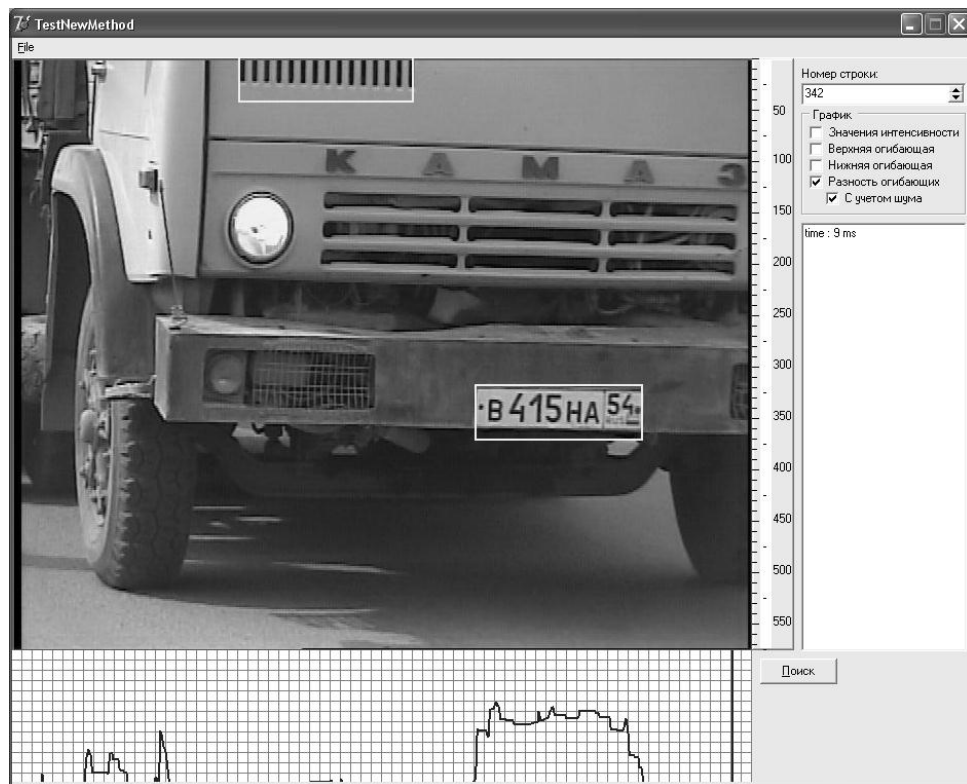


Рис. 2. Пример работы алгоритма нахождения области номерного знака

Разберём работу алгоритма пошагово. На первом графике (рис. 3) приведены значения интенсивности $I(x)$ сканируемой строки изображения.

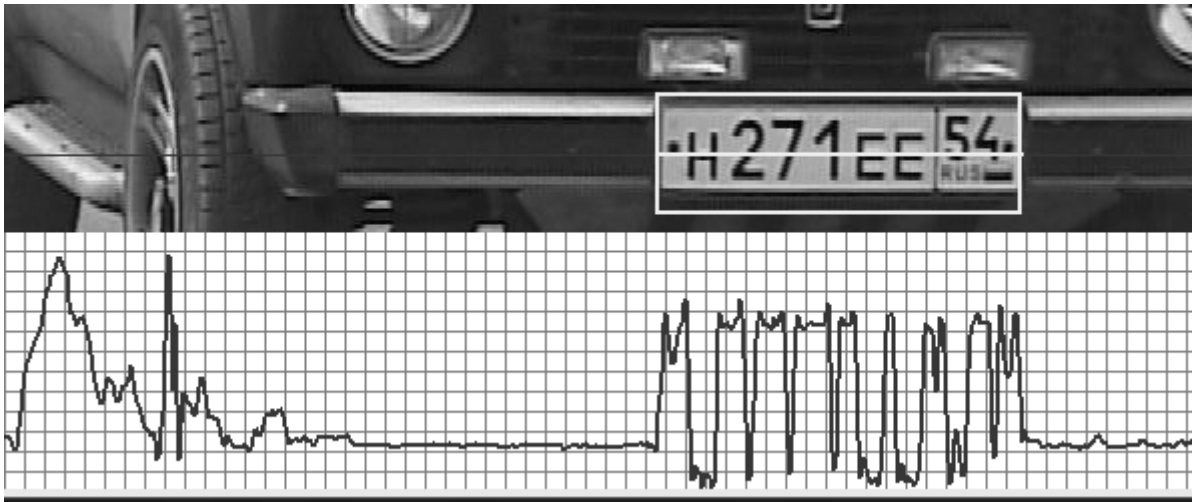
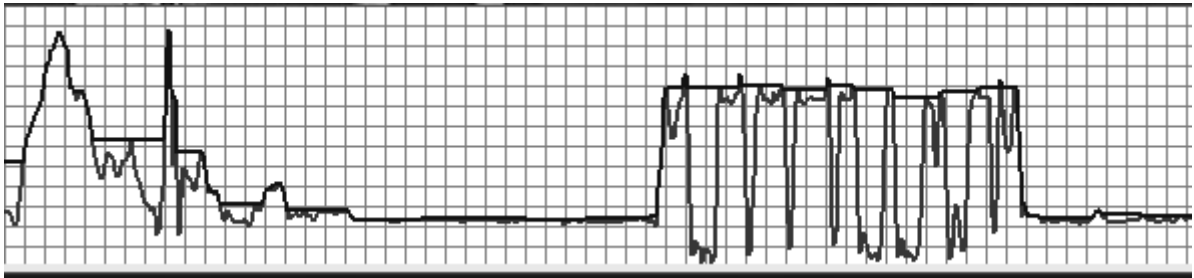


Рис. 3. График значений интенсивности пикселей в сканируемой строке изображения

На следующем графике (рис. 4) показана кривая $Curve_{top}(x)$, огибающая график значений интенсивности сверху.

Рис. 4. Графики функций $I(x)$ и $Curve_{top}(x)$

Для её получения используются следующие формулы:

$$I_{\max}(x) = \max_{x - \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor \leq i \leq x + \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor} I(i)$$

$$Curve_{top}(x) = \min_{x - \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor \leq i \leq x + \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor} I_{\max}(i),$$

где $WindowSize$ – размер окна, в котором проводятся операции поиска минимума или максимума. Его оптимальный размер равен максимальной ширине символа номерного знака.

Аналогичным образом получим график кривой $Curve_{bottom}(x)$, огибающей график значений интенсивности снизу (рис. 5), при помощи следующих формул:

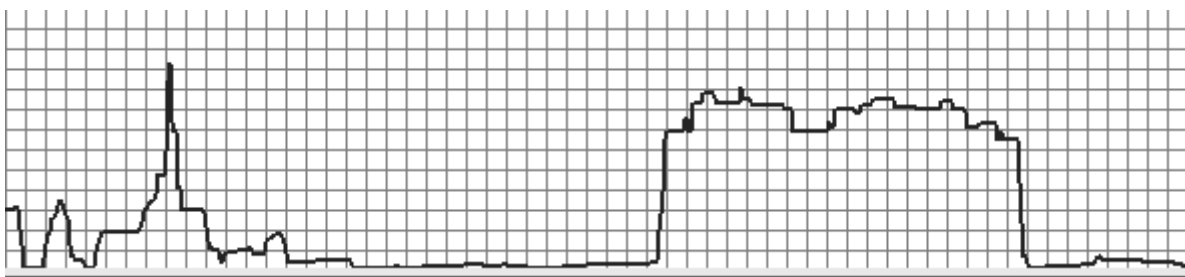
$$I_{\min}(x) = \min_{x - \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor \leq i \leq x + \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor} I(i),$$

$$Curve_{bottom}(x) = \max_{x - \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor \leq i \leq x + \left\lfloor \frac{WindowSize}{2} \right\rfloor} I_{\min}(i).$$

Рис. 5. Графики функций $I(x)$ и $\text{Curve}_{\text{bottom}}(x)$

Если мы вычтем значение нижней огибающей кривой из значений верхней огибающей, то получим функцию $h(x)$, значения которой показаны на следующем графике (рис. 6).

$$h(x) = \text{Curve}_{\text{top}}(x) - \text{Curve}_{\text{bottom}}(x)$$

Рис. 6. График функции $h(x)$

Далее, чтобы получить окончательный результат вычтем из функции $h(x)$ некоторое небольшое значение threshold , подбираемое экспериментально:

$$f(x) = h(x) - \text{threshold}.$$

Нетрудно заметить, что положительные значения полученной функции $f(x)$ соответствуют вероятным местоположениям номерного знака.

Если ввести ограничение на минимальное фиксируемое значение ширины номерного знака, то можно отбросить ложные местоположения номерных знаков.

4. Результаты экспериментов

Для проверки быстродействия алгоритма был поставлен эксперимент по работе различных алгоритмов в одинаковых условиях в составе системы распознавания. Для проведения эксперимента использовался компьютер со следующими техническими характеристиками: Pentium(R) Dual-Core CPU T4400 2.20 ГГц 3Гб ОЗУ под управлением MS Windows XP. Алгоритм считается пригодным для решения задач реального времени, если система распознавания успевает обрабатывать не менее 10 кадров в секунду. Выбор именно такой скорости распознавания кадров в качестве критерия пригодности для решения задач реального времени обоснован приемлемой плавностью воспроизведения видео [4] и достаточным нахождением номерного знака автомобиля в поле зрения видеокамеры [5]. Результаты приведены в табл. 2. Результаты работы предлагаемого метода показывают, что он пригоден для работы в системе реального времени, хотя его быстродействие несколько ниже метода проекций.

Таблица 2. Результаты работы тестируемых методов в составе системы распознавания

Тестируемый метод в составе системы распознавания	Время обработки одного кадра	Количество кадров	Время, с	Кадров в секунду	Пригодность для решения задач реального времени
Предлагаемый метод	0.0997	1432	142.76	10.03	Подходит
Метод проекций	0.0980	1432	140.31	10.21	Подходит
Морфология	0.3720	1432	532.66	2.69	Не подходит

На рис. 7 приведён график сравнения влияния работы алгоритмов на эффективность работы системы распознавания в целом. Несложно заметить, что предлагаемый метод позволяет увеличить эффективность системы распознавания на 7% по сравнению с морфологическим методом. Успешность всей системы распознавания в целом (для решения задач реального времени) достигает 92%. При решении задач, не ограниченных во времени (например, на автостоянке), возможно применение комбинации указанных методов с целью нахождения всех возможных областей номерного знака и повышения эффективности работы системы распознавания.

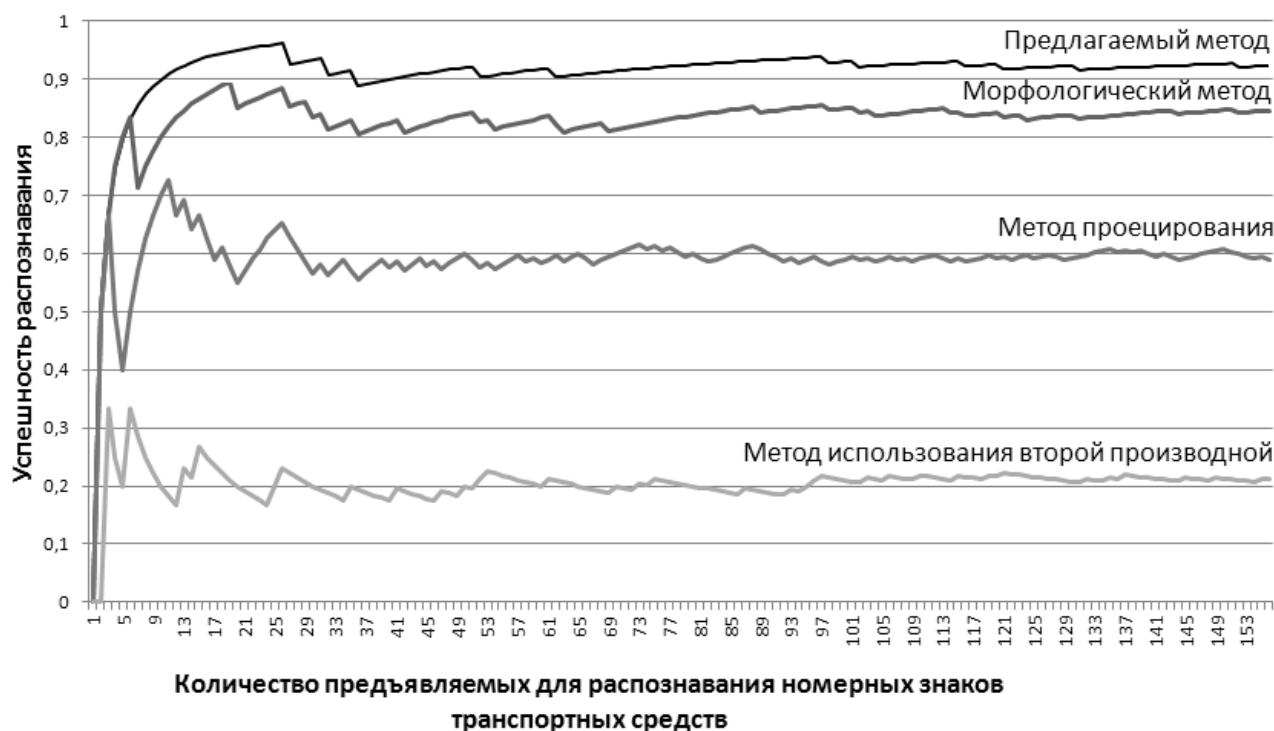


Рис. 7. Графики влияния работы алгоритмов на эффективность работы системы распознавания

Алгоритм успешно работает в широком диапазоне значений `threshold`, что иллюстрируется графиком на рис. 8. В случае использования очень маленьких значений порога становится невозможным нахождение точных границ номерного знака. Если значения излишне велики, то возможно разделение вероятного местоположения номерного знака на части или номерной знак может быть не найден. Для большинства случаев будет достаточным установить значение порога, равным 40. График построен на основании рассмотрения 1000 изображений.

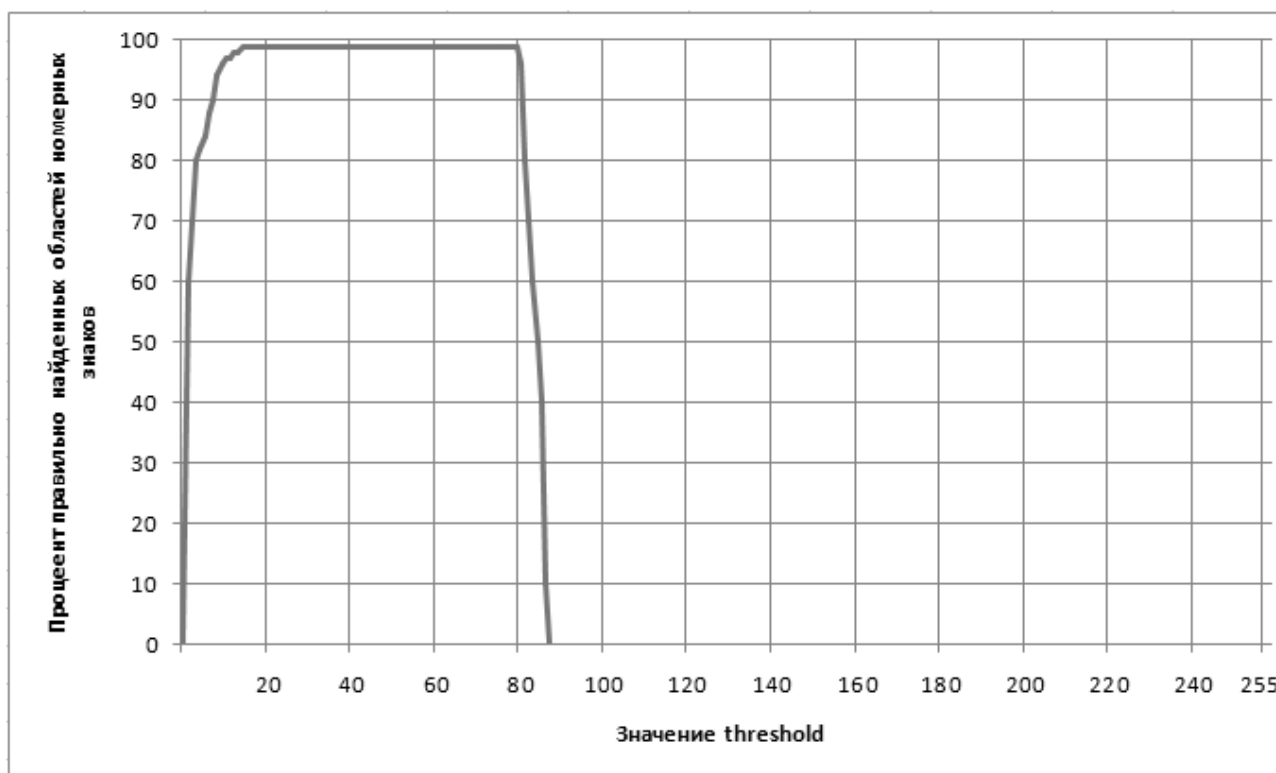


Рис. 8. Диапазон значений threshold

5. Заключение

Разработанный метод нахождения области номерного знака оказывает большее влияние на эффективность распознавания номерных знаков, чем другие рассмотренные методы. Быстродействие работы алгоритма позволяет использовать его для работы в составе систем реального времени. Успешность всей системы распознавания для решения задач реального времени достигает 92%.

Литература

1. Бусыгин Л.А. Локализация автомобильного номера в потоке видеоданных в режиме реального времени. – URL: <http://www.inf.tsu.ru/library/DiplomaWorks/CompScience/2006/busigin/diplom.pdf> (дата обращения 30.10.2012)
2. Martinsky O. Algorithmic and mathematical principles of automatic number plate recognition systems. – URL: <http://javaanpr.sourceforge.net> (дата обращения 30.10.2012)
3. Martin F., New methods for automatic reading of VLP's (Vehicle License Plates) / Martin, F., Gracia, M., Alba, J.L. // In Proceedings of the Signal Processing, Pattern Recognition, and Applications. – 2002.
4. Honovich J. Average Frame Rate Used for Recording. – URL: <http://ipvm.com/updates/1100> (дата обращения 30.10.2012)
5. «Методика тестирования систем распознавания автомобильных номеров» // CCTV Focus. – 2006. - №6(24). – С. 16 – 22.

Статья поступила в редакцию 17.10.2012

Колюжнов Вячеслав Васильевич

родился в г. Хабаровск, Россия. Закончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2009 г. по специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». Ранее занимался компьютерным моделированием дорожно-транспортных ситуаций в масштабах города, принимал участие в проекте по установке камер видеонаблюдения в г. Новосибирске. Специализируется в области распознавания и обработки изображений, серьезно интересуется робототехникой. В данный момент занимается исследованием и разработкой новых методов в области компьютерного зрения, обучается в аспирантуре Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. E-mail: kvv2@inbox.ru

New Method of License Plate Localization for Real-Time Application**V. Kolyuzhnov**

We propose a new method of license plate localization suitable for using in real-time systems. Experimental data of effectiveness and algorithm of speed performance are presented.

Keywords: computer vision, image processing, ANPR, LPR, license plate recognition.