

УДК 004.82, 002:372.8

## **АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ**

**Мельникова Ольга Игоревна<sup>1</sup>, Петров Сергей Павлович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Кандидат технических наук, доцент;*

*ГБОУ ВО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления, кафедра системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: oimelnik@mail.ru.*

<sup>2</sup>*Аспирант;*

*ГБОУ ВО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления, кафедра системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: msgtome@bk.ru.*

*В статье рассматривается общая последовательность этапов, выполняемая в процессе распознавания автомобильных номеров на изображениях и видео. Описаны алгоритмы, которые могут быть использованы на различных этапах распознавания. Приведены основные требования, возможности и ограничения этих алгоритмов.*

Ключевые слова: распознавание автомобильных номеров, алгоритмы обработки и анализа изображений, компьютерное зрение.

## **COMPUTER VISION ALGORITHMS FOR LICENSE PLATE RECOGNITION**

**Melnikova Olga<sup>1</sup>, Petrov Sergey<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Candidate of Science in Engineering, associate professor;*

*Dubna international university of the nature, society and man,  
Institute of the system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: oimelnik@mail.ru.*

<sup>2</sup>*PhD Student;*

*Dubna international university of the nature, society and man,  
Institute of the system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: msgtome@bk.ru.*

*The article discusses the general sequence of steps performed during the license plate recognition process in images and video. Described algorithms which may be used at the different stages of recognition. The basic requirements, capabilities and limitations of these algorithms are presented.*

Keywords: license plate recognition, image processing and analysis algorithms, computer vision.

Задача распознавания номеров приобрела большое значение в последние годы. Многочисленные комплексы видео фиксации, включающие в себя системы распознавания номеров, установлены и работают на автодорогах, автобазах, контрольно-пропускных пунктах и т.д. Используются также и мобильные комплексы. Данные программно-аппаратные комплексы могут быть направлены на решение совершенно разных задач. Они могут контролировать безопасность потока автомобильного трафика, его интенсивность, выявлять нарушения правил дорожного движения, вести учет въехавших/выехавших автомобилей, управлять системой автоматической оплаты парковки и многое другое.

Несмотря на многообразие задач, которое может быть решено с помощью систем распознавания автомобильных номеров, все существующие системы должны включать в себя алгоритмы, направленные на преодоление одних и тех же трудностей, возникающих в процессе обработки и анализа изображений и видео, поступающих с камер фото-, видео-фиксации в режиме реального времени. Производители систем распознавания номеров сталкиваются с необходимостью разрабатывать высокопроизводительные алгоритмы, инвариантные к условиям захвата изображений:

- адаптивных к меняющемуся освещению (в течение суток, в зависимости от погодных условий);
- устойчивых к шумам (дождь, снег, помехи в аналоговых каналах передачи данных);
- искажению видео (вследствие тряски камеры, расфокусировки);
- работающих в широких диапазонах углов относительно объектов распознавания и расстояний до них.

Не говоря уже о том, что само состояние объекта (рамки автомобильного номера) может препятствовать распознаванию. Мятые, загрязненные, залепленные, со стертой краской номера – вот неполный перечень препятствий для корректного распознавания номеров.

Тем не менее, многие системы распознавания номеров [6, 10, 11-12, 14-15] имеют одну и ту же концептуальную схему работы и функциональный набор алгоритмов. В данной работе мы попытаемся описать обобщенную схему устройства системы распознавания автомобильных номеров, а также рассмотрим базовые варианты алгоритмов обработки и анализа изображений, которые могут быть использованы для реализации функциональных блоков системы. На рис. 1 приведена обобщенная функциональная схема системы распознавания автомобильных номеров.

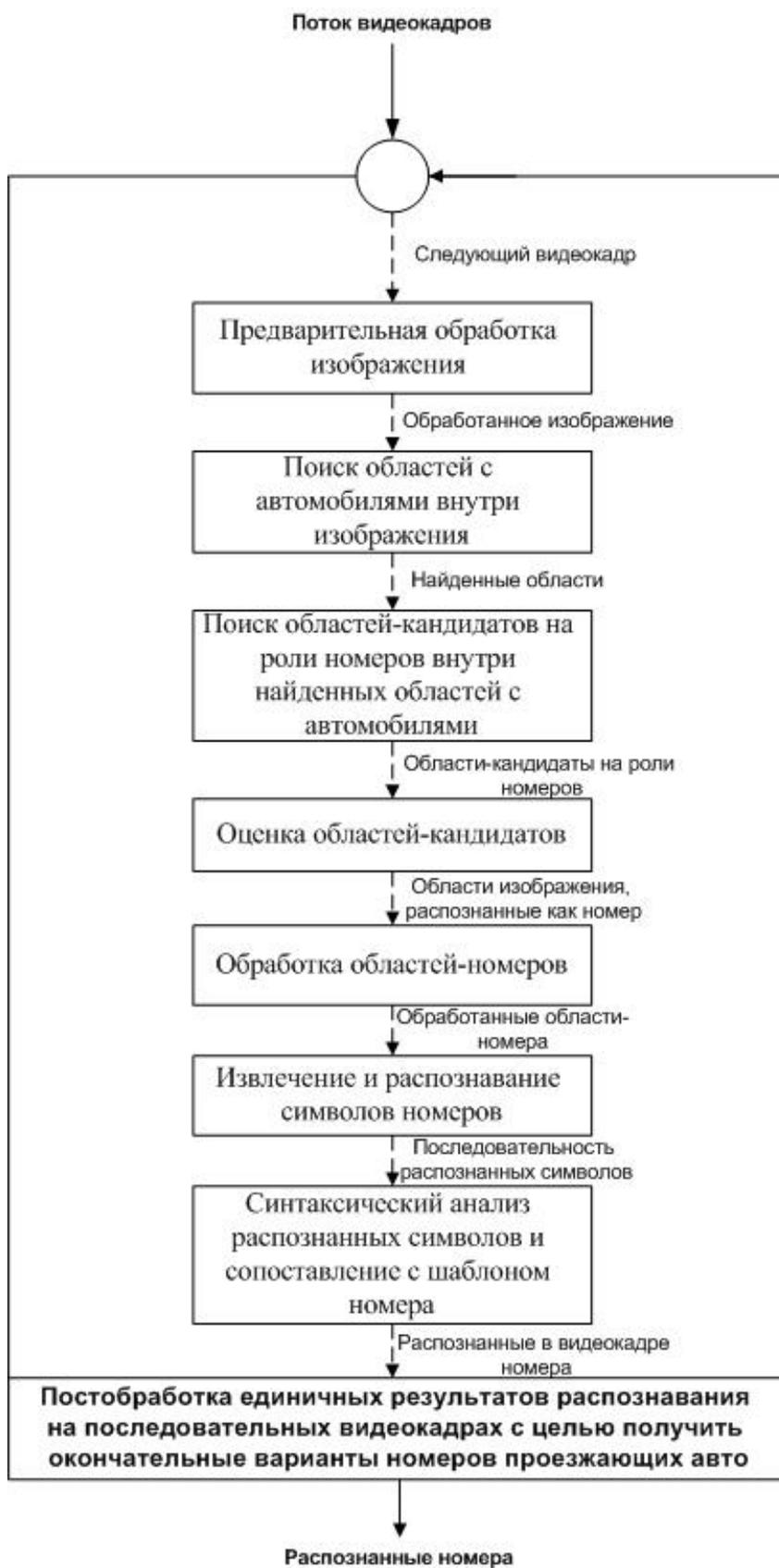


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема системы для распознавания автомобильных номеров на видео

В зависимости от назначения и специфики конкретной системы распознавания номеров некоторые блоки этой схемы (рис. 1) могут отсутствовать, а также могут добавляться дополнительные блоки. Далее рассмотрим подробно каждый функциональный блок – его предназначение, устройство и обобщенный алгоритм работы.

**Блок «Предварительная обработка изображения».** Предназначение данного блока – подготовка изображения к подаче на вход последующим алгоритмам поиска областей-автомобилей и областей-номеров. Алгоритмы, входящие в состав данного блока, играют большую роль в обеспечении устойчивости системы распознавания номеров к меняющимся внешним (по отношению к комплексу фото-, видео-регистрации) условиям функционирования: изменениям освещенности, шумам и т.д. К таким алгоритмам можно отнести:

- алгоритмы компенсации вибраций камеры [1];
- алгоритмы линейного или нелинейного преобразования, необходимые для нормализации диапазонов яркости изображения (например, алгоритм выравнивания гистограмм) [2-3];
- сглаживающие фильтры (например, Гауссовское размытие), либо фильтры, необходимые для повышения резкости и контрастности изображения (например, алгоритм Unsharp Mask [4]);
- алгоритмы фильтрации шумов (например, алгоритм медианной фильтрации [5]);
- алгоритмы для компенсации поворотов камеры (или сцены) и проективных преобразований (алгоритмы аффинных преобразований).

**Блок «Поиск областей с автомобилями внутри изображения».** Данный функциональный блок включает алгоритмы для сегментации предварительно обработанного изображения. Формально, цель сегментации в данном случае – определение пикселей изображения, принадлежащих областям, представляющим собой автомобиль. В самом простом случае в результате сегментации будут выделены прямоугольные области автомобилей внутри изображения. В более сложном случае будут найдены контуры автомобилей. В принципе, возможно не выделять область автомобиля в изображении, а выполнять поиск автомобильных номеров в целом изображении, тогда данный блок будет отсутствовать в схеме работы системы видеонаблюдения. Недостатками этого варианта будут: 1) увеличение времени работы алгоритмов по поиску номера; 2) увеличение вероятности ложно-положительного распознавания номера (т.е. случая, когда область-не номер распознается как номер).

Алгоритмы по поиску области автомобиля в изображении в целом можно разделить на два класса: 1) алгоритмы, использующие информацию предыдущих видеокадров (если происходит распознавание видеопотока); 2) алгоритмы, использующие только текущее изображение.

К первой группе алгоритмов относятся все варианты обнаружения области автомобиля посредством анализа движения (анализа изменяющихся от кадра к кадру пикселей). Для обнаружения движения, как правило, используется алгоритм *вычитания фона* (*Background Subtraction* [6]): строится модель фона, которая вычитается из каждого кадра. Результат вычитания подвергается пороговой и медианной фильтрации для получения подмножества пикселей, отличных от фона. Выполняя поиск связанных пикселей можно выявить движущиеся объекты. Модель фона требуется регулярно обновлять (например, при получении последующего кадра). Если возможно, то полученные в результате обнаружения движения объекты изображения подвергают фильтрации по площади (чтобы отделить разные классы объектов друг от друга), либо используют более специфические предварительно обученные классификаторы (метод опорных векторов [7-9], бустинг [10] и др.). Помимо алгоритмов на основе обнаружения движения могут быть и другие варианты, например, поиск области автомобиля на основе информации об области автомобиля с предыдущих кадров.

Ко второй группе алгоритмов относятся варианты обнаружения области автомобиля на основе анализа структуры данного изображения и распределения пикселей изображения. В качестве алгоритмов сегментации и структурного анализа изображения могут выступать алгоритмы нахождения карт градиентов и карт краев (*edge map, edge detection* [11]) изображения. Наиболее известные алгоритмы для формирования карт краев — алгоритмы *Canny* и *Sobel* [11].

**Блок «Поиск областей-кандидатов на роли номеров внутри найденных областей с автомобилями».** Данный блок выполняет поиск областей, подходящих на роль номера, внутри областей с автомобилями или во всем изображении. Основные сложности в разработке этого алгоритма:

Большое количество изображений объектов реального мира похожи на изображение автомобильного номера. К таким объектам относятся: элементы ландшафта, обладающие схожей с номером текстурой; надписи (объявления, вывески и т.д.), которые в большом количестве могут присутствовать вблизи установленного комплекса фото-, видео-фиксации, либо могут иметься на самих автомобилях.

Сами номера разнообразны по своим структуре и виду (в зависимости от состояния загрязнения, принадлежности определенной стране или типу номера и т.п.).

В связи с этим, разработка алгоритмов данного блока очень специфична и зависит непосредственно от целевого назначения системы, места функционирования, целевых показателей точности и быстродействия, т.е. целой группы характеристик, которых должна достигать данная система распознавания автомобильных номеров. В качестве таких алгоритмов часто используются алгоритмы низкоуровневого анализа карт градиентов и карт краев изображения, статистический анализ, методы классификации на основе многоклассового метода опорных векторов [7-8], бустинга [10], нейронных сетей [12, 16], деревьев решений, шаблонов (*Template Matching* [12]) и многое другое. Перечисленные выше методы классификации используются и в алгоритмах **блока «Оценка областей-кандидатов»**. Назначение этого блока – подтвердить (или опровергнуть), что на найденной области изображения действительно изображен номер автомобиля. По быстродействию и точности классификации из перечисленных методов для выполнения этой задачи наиболее подходят: метод опорных векторов, нейросетевой классификатор и деревья решений. Также, часто используются комбинации (или даже целые иерархии), состоящие из нескольких классификаторов [7-10].

**Блок «Обработка областей-номеров».** Обработка областей-номеров необходима для последующей стадии извлечения и распознавания символов номера. Область изображения номерной пластины, как правило, содержит однородный фон, на котором резко отличающимся от фона цветом нанесены символы номера. Таким образом, имеются два основных цветовых уровня изображения номерной пластины, соответствующих цвету фона и цвету символов. Все остальные уровни цвета на данном этапе представляют собой избыточную информацию и необходимо выполнить преобразование изображения номера к двоичному (черно-белому) изображению. Для этого изображение номера сначала преобразуют к изображению, состоящему из оттенков серого цвета (*grayscale image*). Затем выполняют пороговую фильтрацию полученного серого изображения. Пороговое значение может быть фиксированным, найденным по алгоритму Отсу [13], либо вычисляться для каждого пикселя на основе значений интенсивности соседних пикселей. В последнем случае пороговую фильтрацию называют адаптивной.

После выполнения преобразования изображения номера в двоичное изображение, выполняют его очистку от структурных элементов номера, не являющихся символами. Алгоритм очистки зависит от специфики номера: страны происхождения, его типа, составляющих его структурных элементов.

**Блок «Извлечение и распознавание символов номеров».** После преобразования изображения номера в двоичное изображение попиксельно выполняют его сканирование с целью получить отдельные области изображений символов внутри изображения номера. Далее выполняют фильтрацию найденных изображений символов на основе их линейных размеров, пытаются восстановить потерянные части символов, разделить «слипшиеся» символы и др. Далее каждое отдельное изображение символа подают на вход классификатора, цель которого определить символ, содержащийся в изображении. Одним из наиболее эффективных таких классификаторов является сверточная нейронная сеть [16]. В результате работы алгоритмов данного блока, получается последовательность символов номера.

**Блок «Синтаксический анализ распознанных символов и сопоставление с шаблоном номера».** Данный блок предназначен для выявления запрещенных и недостающих распознанных символов и их комбинаций. Также алгоритмы этого блока должны проверять соответствует ли распознанный номер

предопределенным шаблонам, если таковые имеются. Алгоритмы данного блока очень зависят от специфики распознаваемых номеров.

По завершению работы описанной последовательности блоков имеем множество номеров, распознанных на данном изображении. Искомое множество номеров может быть (и часто бывает) пустым, что соответствует случаю, когда ни один номер на изображении не был распознан.

Если речь идет о распознавании номеров на последовательности изображений/кадров, то есть распознавание на виде, то для формирования результатов распознавания номеров автомобилей, как правило, используют не единичный кадр, а серию кадров. Для этого используют так называемый алгоритм постобработки результатов распознавания номеров на последовательных кадрах. Если необходимо распознавать номера автомобилей, едущих в потоке, то возникает дополнительная проблема разграничения кадров, относящихся к проезду разных автомобилей. Для реализации алгоритма постобработки используют: методики статистического анализа символов распознанных номеров, анализ траектории и направления движения автомобилей, статистический анализ кадров с распознанными номерами и кадров без распознанных номеров, а также многое другое.

В данной работе была рассмотрена общая последовательность этапов, необходимых в процессе распознавания автомобильных номеров на изображениях и видео. Описаны варианты алгоритмов, используемых на каждом из основных этапов распознавания. Приведены базовые возможности и ограничения этих алгоритмов, а также условия их использования в зависимости целевого предназначения системы распознавания номеров.

## *Список литературы*

1. Morimoto C., Chellappa R. Evaluation of image stabilization algorithms // Acoustics, Speech and Signal Processing, 1998. Proceedings of the 1998 IEEE International Conference. – 1998. – Vol. 5.
2. Muhammad Sharif Sajjad Mohsin, Muhammad Jawad Jamal, Mudassar Raza. Illumination Normalization Preprocessing for face recognition // 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology. – 2010.
3. Virendra P. Vishwakarma, Sujata Pandey and M. N. Gupta. Adaptive Histogram Equalization and Logarithm Transform with Rescaled Low Frequency DCT Coefficients for Illumination Normalization // International Journal of Recent Trends in Engineering. – 2009. – Vol 1. – № 1.
4. Andrea Polesel, Giovanni Ramponi, Mathews V. John. Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking // IEEE Trans. Image Processing. – 2000. – Vol. 9. – Issue 3.
5. Simon Perreault and Patrick Hebert. Median Filtering in Constant Time // IEEE Trans. Image Processing. – 2007. – Vol. 16. – Issue 9.
6. Tao Gao, Zheng-guang Liu, Wen-chun Gao, Jun Zhang. A Robust Technique for Background Subtraction in Traffic Video // 15th International Conference, ICONIP 2008, Auckland, New Zealand, Revised Selected Papers, Part II. – 2009. – Vol. 5.
7. Gao Yan, Su Fenzhen. Study on machine learning classifications based on OLI images // Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC). – 2013. – Pp. 1472-1476.
8. Zezhi Chen, Ellis, T., Velastin, S.A. Vehicle type categorization: A comparison of classification schemes // Intelligent Transportation Systems (ITSC), 14th International IEEE Conference. – 2011. – Pp. 74-79.
9. Huaifeng Zhang, Wenjing Jia, Xiangjian He, Qiang Wu. Learning-Based License Plate Detection Using Global and Local Features // Pattern Recognition. ICPR. 18th International Conference. – 2006 – Vol. 2. – Pp. 1102-1105.
10. Xiangdong Zhang, Peiyi Shen, Yuli Xiao, Bo Li. License plate-location using AdaBoost Algorithm // Information and Automation (ICIA), IEEE International Conference. – 2010. – Pp. 2456-2461.

11. Musoromy, Z., Ramalingam, S., Bekooy, N. Edge detection comparison for license plate detection // Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), 11th International Conference. – 2010. – Pp. 1133-1138.
12. Wang Xiao-hua, Yu Juan-juan, Miao Zhong-hua, Song Yang. License plate recognition based on pulse coupled neural networks and template matching // Control Conference (CCC). – 2014. – Pp. 5086-5090.
13. Zhang Zhi-Yong, Song Yang. The License Plate Image Binarization Based on Otsu Algorithm and MATLAB Realize // Industrial Control and Electronics Engineering (ICICEE). – 2012. – Pp. 1657-1659.
14. Tran Duc Duan, Tran Le Hong Du, Tran Vinh Phuoc, Nguyen Viet Hoang. Building an Automatic Vehicle License-Plate Recognition System // Intl. Conf. in Computer Science – RIVF'05. – 2005. – Pp. 59-63.
15. Ms.Sushama H.Bailmare, Prof. A.B.Gadicha. A Review paper on Vehicle Number Plate Recognition (VNPR) Using Improved Character Segmentation Method // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – Vol. 3. – Issue 12.
16. Петров С.П. Сверточная нейронная сеть для распознавания символов номерного знака автомобиля // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – 2013. – №3. – [Электронный ресурс]. URL: <http://sanse.ru/download/184>.