DOI 10.26886/2520-7474.2(28)2018.3

UDC: 004.932.2

**FEATURES OF DEVELOPMENT A SYSTEM OF NUMBER PLATE
LOCALIZATION BASED ON THE VIOLA-JONES METHOD USING
ADABOOST**

Y. Kyrychenko

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine, Kiev

The purpose of this work is to describe the method of the car number plate detection based on the Viola-Jones method using AdaBoost, and also to study the features of its work when changing the environmental conditions. As a result of the work, the task was formatted, the principles and method of its solution were formed, main features, problems and requirements for the training sample of this algorithm were described. After formulating the features of cascade training, a study was conducted to find out the measure of influence of certain external conditions on the detection of number plate by this method.

Key words: detection of number plate, AdaBoost, Viola-Jones method, object detection.

Кириченко Ю. В. Особенности построения системы локализации автомобильных номеров на основе метода Виолы-Джонса с использованием AdaBoost / Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского, Украина, Киев.

Целью данной работы является описание метода выделения автомобильных номеров на основе метода Виолы-Джонса с использованием AdaBoost, а также исследование особенностей его работы при изменении условий окружающей среды от обучающей выборки. В результате проведенной работы была форматизирована задача, сформированы принципы и метод её

решения, а также описаны основные особенности, проблемы и требования к обучающей выборке для данного алгоритма. После формулировки особенностей обучения каскада было проведено исследование для изучения степени влияния определенных внешних условий на поиск номера.

Ключевые слова: выделение автомобильных номеров, AdaBoost, метод Виолы — Джонса, выделение объектов.

Кириченко Ю. В. Особливості побудови системи локалізації автомобільних номерів на основі методу Віолі-Джонса з використанням AdaBoost / Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Україна, Київ.

Метою даної роботи є опис методу виділення автомобільних номерів на основі методу Віолі-Джонса з використанням AdaBoost, а також дослідження особливостей його роботи при зміні умов навколишнього середовища від навчальної вибірки. В результаті проведеної роботи було форматизовано завдання, сформований принципи і метод її вирішення, а також описані основні особливості, проблеми та вимоги до навчальної вибірки для даного алгоритму. Після формулювання особливостей навчання каскаду було проведено дослідження для вивчення ступеня впливу певних зовнішніх умов на пошук номера.

Ключові слова: виділення автомобільних номерів, AdaBoost, метод Віолі-Джонса, виділення об'єктів.

Введение. В последнее время развитие компьютерных технологий и уменьшение стоимости вычислительной мощности приводит к увеличению числа систем, заменяющих человека в определенных областях. К ним относятся системы автоматического пропуска, контроля трафика. Данные системы позволяют

автоматически определить номер и использовать полученные данные для достижения поставленных перед ними целей. Такие системы для распознавания номера обычно используют последовательность действий, которая включает в себя: получение фото с камеры, предобработка, локализация номера, уточнение границ, нормализация номера, выделение символов номера, распознавание символов. В данной статье описан метод локализации номеров на основе метода Виолы-Джонса с использованием AdaBoost для обучения на примере украинских номеров.

Для начала рассмотрим пример исходного изображения (рис. 1, а) и локализованного номера на нем (рис. 1, б). Из примера видно, что область номера имеет несколько очевидных особенностей. При горизонтальном, вертикальном разделении она имеет схожее значение яркости правой и левой части. При разделении на 3 части по большим зонам пробелов (после АХ, 4278) она имеет определенный диапазон значений отношения яркости этих зон. Подобные статистические особенности зоны номера могут быть использованы для создания классификатора. Такой классификатор должен основываться на отношении яркости определенных зон искомого объекта. Данный принцип лежит в основе метода Виолы-Джонса, который использует набор Хаар подобных признаков и интегральное представление для нахождения объектов.

В методе Виолы-Джонса используется интегральное представление изображения – матрица, которая совпадает по размерам с исходной и в каждом ее элементе хранится сумма всех элементов, находящихся левее и выше данного [1].

Элементы матрицы рассчитываются по следующей формуле:

$$I(x, y) = \sum_{i=0}^{x-1} \sum_{j=0}^{y-1} A_{ij} \quad (1)$$

где A_{ij} — яркость пикселя в точке с координатами i, j .

Рис 1. Пример исходного изображения и локализованного на нем номера: а – исходное изображение; б – локализованный номер

Время на вычисление интегрального представления линейно и требует количество обращений к памяти равное количеству пикселей в исходном изображении.

Интегральное представление позволяет быстро вычислять суммы пикселей произвольного прямоугольника на основе операций сложения и вычитания (3) площади прямоугольников (рис. 2).

Рис 2. Области в интегральном изображении

Также это позволяет использовать сумму нескольких таких областей для любых фигур, которые могут быть представлены небольшим количеством прямоугольников с высокой точностью [2].

$$S_O = S_A + S_B - S_C - S_D \quad (2)$$

где S_x — площадь региона x .

Для описания искомых объектов используются каскады, сформированные из признаков, которые представляют собой свертки областей из -1 и 1. Так как эти признаки являются слабыми, то каждый из них по отдельности не является показательным, а при объединении в каскад могут иметь удовлетворительную точность при применении эффективного алгоритма обучения каскада. В нашем случае для обучения классификатора используется AdaBoost.

AdaBoost использует композицию слабых линейных классификаторов, которые разделяют пространство признаков прямыми, параллельными осям абсцисс, ординат и определяют принадлежность к шаблонному классу. Базируется на слабых классификаторах, которые в процессе обучения получают вес в зависимости от значимости.

Задача слабого классификатора – $h_t : X \rightarrow \{-1, 1\}$ – найти слабую гипотезу, подходящую для распределения D_t . Качество слабой гипотезы измеряется ее ошибкой [3].

Изначально каждому обучающему объекту задается одинаковый вес $D_1 = \frac{1}{m}$ [4]. После выполняется итерационный процесс до достижения требуемой ошибки классификации для всех $t \in [1, T]$:

1. Выбираем классификатор по формуле:

$$h_t = \arg \min \left(\sum_{i=1}^m D_t(i) [y_i \neq h_t(x_i)] \right), h_t \in \mathcal{H} . \quad (3)$$

2. Если $\sum_{i=1}^m D_t(i) [y_i \neq h_t(x_i)] \geq 0.5$ – стоп.

3. Выбираем a_t . Для быстрого (по количеству итераций) достижения минимальной ошибки [5] используем следующее значение a_t :

$$a_t = \frac{1}{2} \ln \frac{1 - \epsilon_t}{\epsilon_t} \quad (4)$$

4. Вычисляем новые D по формуле:

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i) e^{-a_t y_i h_t(x_i)}}{Z_t} \quad (5)$$

где Z_t выбирается так, чтобы $\sum_{i=1}^m D_{t+1} = 1$.

5. Рассчитываем конечный классификатор по формуле:

$$H(x) = \text{sign} \left(\sum_{t=1}^T a_t h_t(x) \right) \quad (6)$$

Для получения хорошего результата классификации необходимо правильно подобрать обучающую выборку позитивных изображений [6] (изображение искомых объектов, в нашем случае, автомобильных номеров), а также негативных изображений (изображений типичного фона). Позитивные, негативные изображения должны быть

максимально приближены к тем, которые будут при реальной эксплуатации обученного каскада, поскольку данный подход имеет низкое качество обобщения по сравнению со многими методами, например, нейронными сетями. Негативные изображения для большей эффективности обучения должны содержать типичные для фона искомого объекта элементы. В случае с автомобильным номером это может быть дорога, здания, деревья, люди, а также любые другие часто встречающиеся объекты.

Особенности региональных номеров очень заметно влияют на результат, так как они разнообразны.

Так же важной частью качественного обучения каскада является адаптация таких обучающих выборок к региональным особенностям, например, если каскад обучен в стране, где нет снега – это может стать значительной проблемой для распознавания заснеженных автомобилей, что может снизить эффективность работы системы в определенных регионах. Для примера рассмотрим работу каскада, обученного на летних фото автомобильных номеров (1000 европейских автомобильных номеров, выделенных вручную) в Украине в разных условиях (табл. 1).

Таблица 1

Страна	Сезон	Выборка для распознавания	Процент правильных распознаваний (округл. до целых)
Украина	Лето	300	85%
Италия	Лето	250	70%
Германия	Лето	220	75%
Украина	Зима	300	54%
Италия	Зима	150	49%
Германия	Зима	136	51%

На основе полученных данных можно утверждать, что вышеуказанные факторы имеют значительное влияние на работу каскада и его эффективность. Так даже для украинских номеров при распознавании зимой эффективность снижается на 25% в данном эксперименте.

Выводы. В данной работе был описан метод локализации автомобильных номеров на основе метода Виолы-Джонса. Также был представлен алгоритм обучения классификатора с помощью метода AdaBoost. Были описаны особенности формирования обучающей выборки для данного метода выделения автомобильных номеров. Также был проведен эксперимент, чтобы выяснить влияние указанных факторов на качество работы.

Недостатком выделения автомобильных номеров методом Виолы-Джонса является низкая гибкость метода и необходимость учитывать большое количество факторов при формировании выборки для обучения. Однако данный метод работает значительно быстрее большинства методов на основе нейронных сетей, что позволяет использовать его в системах реального времени без необходимости в больших затратах на оборудование.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на модификацию метода для большей гибкости.

Литература:

1. Porter T. Summed-Area Tables for Texture Mapping / T. Porter, T. Duff. // *Computer Graphic*. – 1984. – №18 numb 3. – С. 207–212.
2. Grother P. Face Recognition Vendor Test (FRVT). Performance of Face Identification Algorithms. / Patrick Grother, Mei Ngan. // *Information Access Division National Institute of Standards and Technology*. – May 26, 2014 – p. 138.

3. Freund Y. A Short Introduction to Boosting / Y. Freund, R. Schapire. // *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*. – 1999. – №14. – С. 1401–1406.
4. Мuryгин К. В. Особенности реализации алгоритма AdaBoost для обнаружения объектов на изображениях / К. В. Мuryгин. // *Штучний інтелект*. – 2009. – №3. – С. 573–581.
5. Schapire R. E. Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions / R. E. Schapire, Y. Singer // *Proceedings of Machine Learning*. – 1999. – P. 297 – 336
6. Bradski G. Learning-based computer vision with Intel's open source computer vision library [Электронный ресурс] / G. Bradski, A. Kaehler, V. Pisarevsky // *Intel Technology Journal*. – Режим доступа: <http://developer.intel.com/technology/itj-/index.htm>

References:

1. Porter T. Summed-Area Tables for Texture Mapping / T. Porter, T. Duff. // *Computer Graphic*. – 1984. – №18 numb 3. – С. 207–212.
2. Grother P. Face Recognition Vendor Test (FRVT). Performance of Face Identification Algorithms. / Patrick Grother, Mei Ngan. // *Information Access Division National Institute of Standards and Technology*. – May 26, 2014 – p. 138.
3. Freund Y. A Short Introduction to Boosting / Y. Freund, R. Schapire. // *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*. – 1999. – №14. – С. 1401–1406.
4. Murygin K. V. Features of the implementation of the AdaBoost algorithm for detecting objects in images / K. V. Murygin. // *Shtuchniy telecom*. - 2009. - №3. - P. 573-581.
5. Schapire R. E. Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions / R. E. Schapire, Y. Singer // *Proceedings of Machine Learning*. – 1999. – P. 297 – 336

6. Bradski G. *Learning-based computer vision with Intel's open source computer vision library [Electronic resource]/ G. Bradski, A. Kaehler, V. Pisarevsky // Intel Technology Journal. – Режим доступа : <http://developer.intel.com/technology/itj - /index.htm>*