

# 12, декабрь 2015

УДК 004.931

## Расширение классификатора Виолы-Джонса на основе метода детектирования теней

*Бунин А.В., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

*Научный руководитель: Алфимцев А.Н., к.т.н., доцент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

[iu3@bmstu.ru](mailto:iu3@bmstu.ru)

**Введение.** Распознавание образов, как способ классификации и индификации объектов, имеет большую популярность в наши дни и затаргивает широкую область применения. Системы контроля доступа, камеры видеонаблюдения и контроля движений, системы видеоконференцсвязи – системы, в основе работы которых, лежат алгоритмы распознавания объектов. Распространение получили алгоритмы распознавания нижнего и верхнего уровней с различным числом модальностей [1].

Одним из эффективных подходов решения задач локализации объектов является метод Виолы-Джонса [2]. Данный метод дает хорошие результаты обнаружения и имеет высокую производительность.

**Метод Виолы-Джонса.** Рассмотрим основные идеи, применяемые в методе Виолы-Джонса:

- использование признаков Хаара в качестве слабых классификаторов;
- использование интегрального представления изображения;
- использование метода бустинга для обучения сильного классификатора;
- построение каскадного классификатора для быстрого отсека большей части областей, не являющихся искомым объектом, еще на первых уровнях каскада.

**Признаки Хаара.** Признак – это отображение  $f: X \rightarrow D_f$ , где  $D_f$  – множество допустимых значений признака. Признаки делятся на следующие типы в зависимости от множества  $D_f$ :

- бинарный признак,  $D_f = \{0, 1\}$ ;
- номинальный признак,  $D_f$  – конечное множество;
- порядковый признак,  $D_f$  – конечное упорядоченное множество;
- количественный признак,  $D_f$  – множество действительных чисел.

На рис. 1 приведено графическое представление нескольких признаков Хаара.

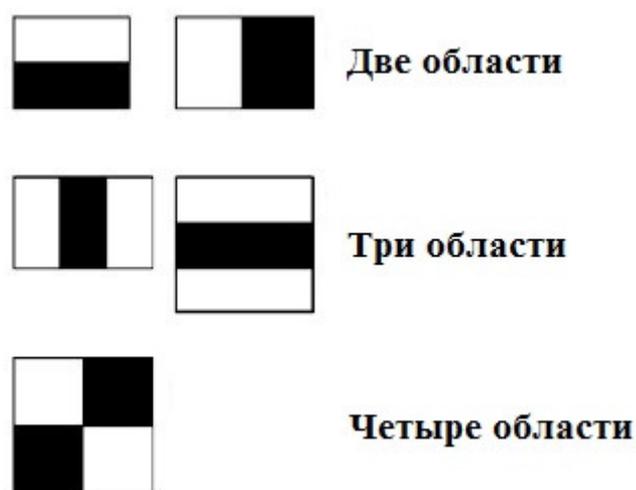


Рис. 1. Примеры признаков Хаара

Для окна фиксированного размера признак Хаара представляет собой множество областей белого и черного цветов. Значение признака для исследуемой области изображения вычисляется как:

$$F = W - B,$$

где  $W$  – это сумма значений пикселей, находящихся в белых областях признака, а  $B$  – сумма значений пикселей, находящихся в черных областях.

Понятно, что при вычислении значений признака Хаара, напрямую суммируя значения всех необходимых пикселей исследуемой области, будет проделываться  $n * m$  операций, где  $n$  и  $m$  – это ширина и высота исследуемой области соответственно. Однако данный процесс можно значительно ускорить, если использовать так называемое интегральное представление изображения [3].

В данной работе рассматривается алгоритм распознавания объектов методом Виолы-Джонса, основанный на анализе искомых объектов признаками Хаара. Перед нами стояла задача улучшить распознавание локальных объектов методом Виолы-Джонса с помощью алгоритма предварительной обработки изображения на основе выделения цветом теней объектов.

**Обзор подхода Shadow Detection.** Тени, отбрасываемые различными объектами, которые заслоняют собой источник света, являются неотъемлемым аспектом нашего визуального опыта и зрительной классификации объектов. С помощью тени можно локализовать объект, определить его форму, размер, а также расположение и направление источников освещения. Несмотря на то, что глаз, как сложный многокомпонентный биологический механизм легко обрабатывает некоторые из вышеперчисленных действий, задача распознавания объектов с помощью алгоритмов распознавания достаточно трудна в решении и актуальна в разных областях применения.

Ruiqi Guo, Qieyun Dai, Derek Hoiem [5] используют метод детектирование теней для их дальнейшего удаления на статичном изображении. Метод основан на исследовании фрагментов изображения и попарной классификации областей связанных общими признаками освещенности. Первый этап сегментации строится на алгоритме “среднего сдвига” [4]. Затем используя обученный классификатор вычисляется вероятность того, что искомая область находится в тени. Классификатор, обучаемый на фрагментах, имеющих одинаковое освещение с искомыми позволяет добиться достаточно точного обнаружения тени. На рис. 2 представлены результаты данной работы.

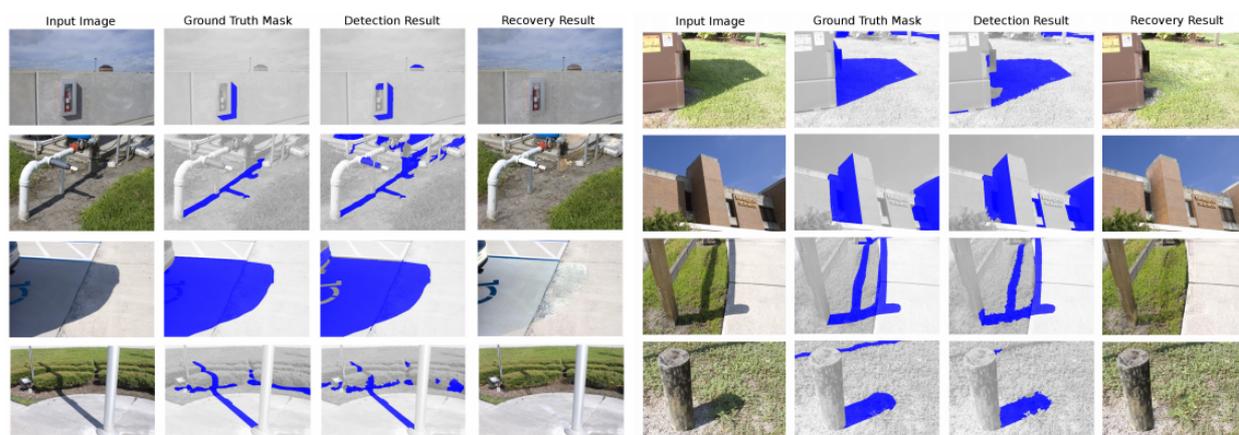


Рис. 2. Удаление тени на статичном изображении

Muhammad Shoaib, Ralf Dragon, Jörn Ostermann предлагают схему обнаружения движущихся людей в реальном времени, используя контуры и разделение фона и переднего плана на изображении. Метод основан на двух фактах: 1) тень не изменяет структуру фона; 2) тень лежит за пределами объекта, но имеет с ним общую границу. Все, что лежит внутри контура является частью тела человека, все, что лежит вне контура является тенью. Алгоритм определяет местоположение тени на основе его связи с контуром. При данном подходе более 90% пикселей объекта и его тени определяются верно, при этом алгоритм работает в реальном времени, что позволяет использовать его в системах видеонаблюдения.

Результаты работы алгоритма выделения объектов представлен на рис. 3.

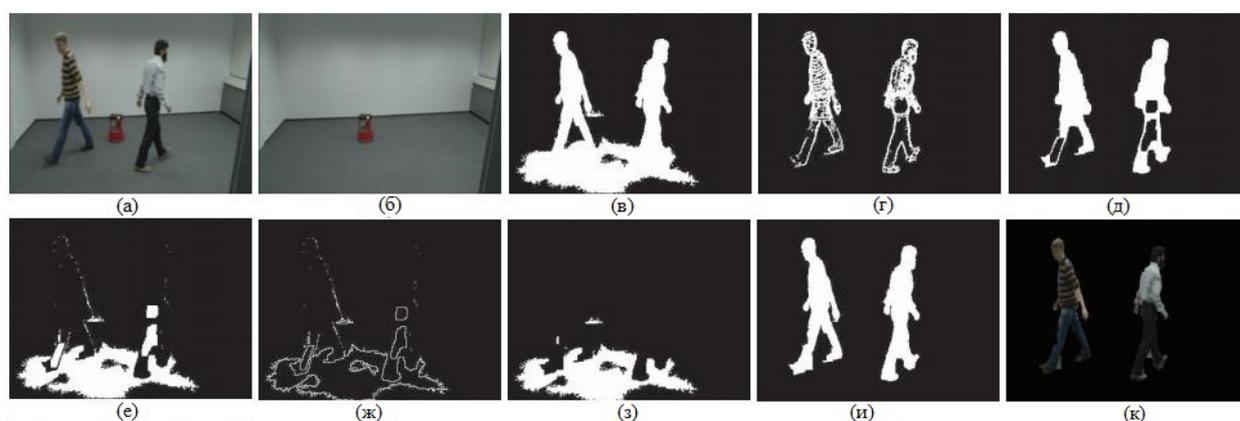


Рис. 3. Алгоритм выделения объектов переднего плана, за счет удаления фона изображения: а) исходное изображение; б) фон кадра; в) объекты, обнаруженные с помощью Гауссиан; г) контуры объектов переднего плана; д) контуры после обработки; е) области переднего плана, подходящие под признаки тени; ж) выделение тени; з) тени после обработки; и) бинарные маски объектов переднего плана после удаления тени; к) выходное изображение

V. Arevalo, J. Gonzalez и G. Ambrosio [8] описали метод нахождения теней от элементов городского ландшафта на спутниковых снимках высокого разрешения. Алгоритм работает следующим образом: изображение с цветовой моделью RGB преобразуется в изображение с цветовой моделью HSV, причем изображение сворачивается с помощью ядра  $3 \times 3$  для уменьшения шума, а величина градиента интенсивности  $V$  вычисляется с помощью детектора Собеля  $3 \times 3$ . Небольшая группа пикселей, которая, вероятно, является тенью, выделяется как часть теневой области. Такие группы получают из окрестности локальных максимумов компоненты. Каждая теневая область затем характеризуется гауссовым распределением значений компонента  $s3$  пикселей в этой области. Далее, из полученных небольших групп форма теневой области

рекурсивно расширяется добавлением смежных пикселей, если они удовлетворяют заданным условиям и не встречаются повторно. Для более точного разграничения формы затененной области учитывается информация границ областей, которая предоставлена простейшим детектором границ.

### Алгоритм работы программы

**Блок схема.** Алгоритм программы распознавания объекта представлен в виде блок-схемы на рис. 4.



Рис. 4. Блок-схема алгоритма программы

**Описание алгоритма.** На первом этапе предварительной обработки исходное изображение (рис. 5, а) с цветовой моделью RGB преобразуется в цветовую модель HSV. На втором этапе у каждого пикселя изображения максимально увеличивается показатель  $S$  - saturation. В результате чего самые холодные оттенки на изображении становятся ярко синими, т.е. тени от зданий и тени покатых крыш (см. рис.5, б). После этого шага задача детектирования теней сводится к простейшей задаче выделения на изображении областей имеющих синий цвет. На третьем этапе предварительной обработки изображение преобразуется в черно-белое (рис.5, в). Для этого задаются границы диапазонов для параметров  $H$ ,  $S$  и  $V$ , и если все три цветовых параметра пикселя попали в эти границы - пиксель закрашивается черным, иначе - белым (черно-белый рисунок с порогами). Для  $S$  и

У эти интервалы равны примерно от 60 до 100% по шкале от 0 до 100, а для параметра H - значения синего цвета в диапазоне от 175 до 250 (по шкале от 0 до 360). После обработки изображение загружается в программу.

На следующем шаге на полученном после предварительной обработки изображении осуществляется процесс поиска признака Хаара, в предположении, что по завершению процесса на конечном изображении можно будет выделить здания. В зависимости от положения тени выбираются различные признаки. Предполагается, что положение тени известно. Например, на конечном пороговом изображении (черно-белом) переход от белого к черному – это переход от затененной части здания к освещенной, поэтому идентифицировать здание (возвышенность, имеющую крышу) можно однозначно, определив максимальное соответствие признака на искомой области изображения (рис. 5, г).

Поиск признака осуществляется следующим образом: пороговое черно-белое изображение представляется в виде матрицы. Для каждого пикселя изображения выделяется область, равная по размеру матрице признака Хаара, таким образом, чтобы сам пиксель был расположен по центру. Применяем признак и находим степень сходства в виде числового значения. Если область максимально схожа – значение минимально и будет возрастать пропорционально в случае несоответствия. Степень соответствия отображена на конечном изображении. Пиксели, находящиеся в области изображения удовлетворяющей признаку, окрашиваются в белый цвет, в области неудовлетворяющей признаку в черный цвет. Таким образом, в рамках наших экспериментов – здания на конечном изображении будут отмечены белыми пятнами (рис. 5, д). По завершению поиска признака конечное изображение выводится на экран.

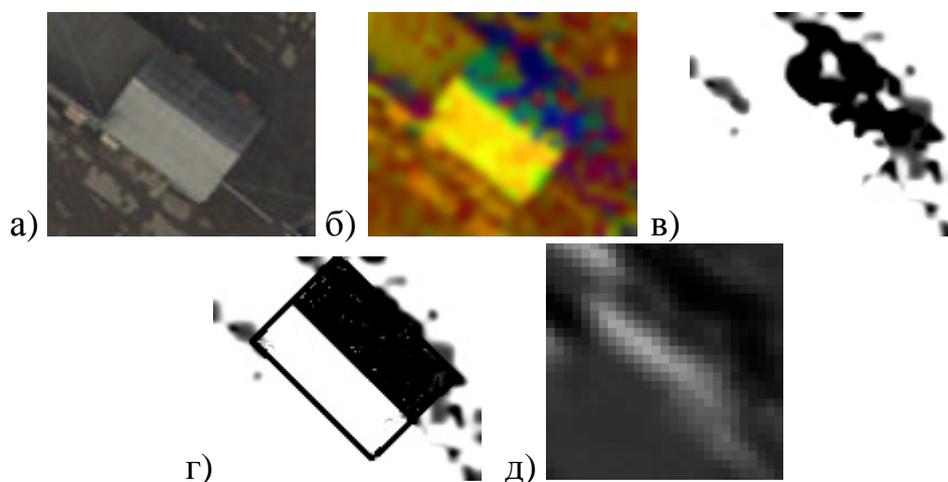


Рис. 5. Поиск объекта по тени: а) снимок со спутника; б) повышение насыщенности цвета; в) черно-белое изображение; г) применение признака Хаара; д) выходное изображение

**Эксперимент.** Для сравнительного анализа работы алгоритма с предварительной обработкой и без предварительной обработки, программа была запущена в среде VisualStudio 2013 на разных устройствах (стационарный ПК, ноутбук, планшет в порядке уменьшения производительности системы). Суммарное время работы программы составило 11-12 секунд в зависимости от производительности системы. После тестирования было обнаружено, что предварительная обработка в данном случае не повлияла на время выполнения программы и нагруженность процессора. Наблюдалось только повышение точности идентификации объектов, при этом важно учитывать, что максимально высоких результатов поиска можно достичь на изображении с крупными разрозненными объектами, имеющими выраженные тени.

На рис. 6 представлена работа алгоритма с предварительной обработкой и без предварительной обработки.

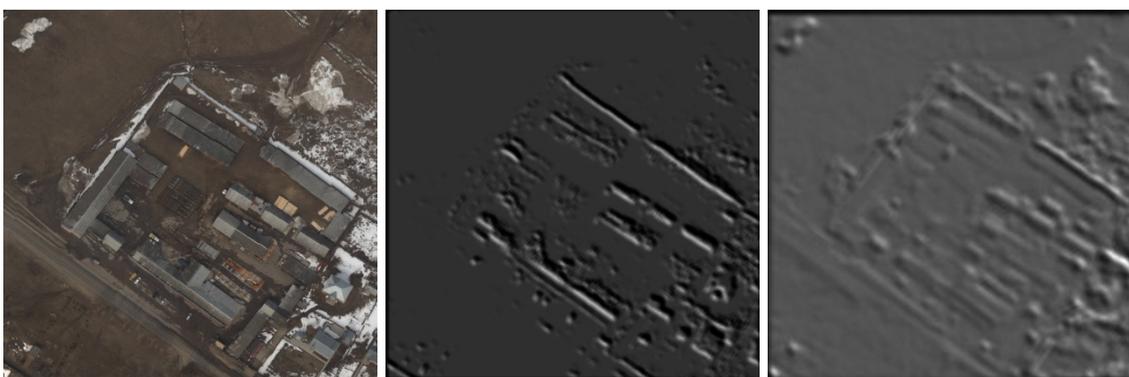


Рис. 6. Исходное изображение и результирующие (в центре – с предварительной обработкой, справа – без предварительной обработки)

На рисунке видно, что в случае поиска признаков Хаара на изображении без предварительной обработки, содержащем большое количество объектов, распознать объект (здание) не представляется возможным. На конечном изображении с предварительной обработкой белыми пятнами выделены только требуемые объекты, при условии, что они имеют тень.

Для наглядности улучшения качества распознавания программой был обработан массив из 100 снимков, сделанных со спутника. В первом случае рассматривался массив изображений без предварительной обработки, во втором случае изображения были предварительно обработаны по алгоритму теневого детектирования. Результаты эксперимента приведены в таблице.

	<i>Без обработки</i>	<i>С обработкой</i>
Количество изображений с удовлетворительным результатом	21%	53%

Под количеством изображений с удовлетворительным результатом понимается процент изображений из массива, на которых были различимы здания, имеющие тень. Как видно из таблицы, после предварительной обработки изображений точность идентификации увеличилась более чем в 2 раза.

**Заключение.** Нашей целью было улучшить обнаружение объектов на изображении методом детектирования теней. Были проведены эксперименты на фотографиях со спутника, в результате чего обнаружены искомые объекты, а именно крыши зданий, при этом точность обнаружения по сравнению с результатами без предварительной обработки увеличилась более чем в 2 раза. Применение данного алгоритма целесообразно использовать в спутниковых системах наблюдения.

#### Список литературы

1. Алфимцев А.Н. Нечеткое агрегирование мультимодальной информации в интеллектуальном интерфейсе // Программные продукты и системы. 2011. № 3. С. 44-48.
2. Viola P., Jones M.J. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. Vol. 57. 2004. P. 137-154.
3. Таранян А.Р. Обучение классификатора Виоллы-Джонса для локализации автомобильных знаков // Молодежный Научно-Технический Вестник. МГТУ им Н.Э.Баумана. Электрон. журн. 2014. № 11. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/739653.html> (дата обращения 13.06.2015).
4. D. Comaniciu and P. Meer. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis // PAMI, 24(5). 2002. P. 603–619.
5. Guo R., Dai Q., Hoiem D. Single-Image Shadow Detection and Removal using Paired Regions. Available at: [http://web.engr.illinois.edu/~dhoiem/publications/cvpr11\\_shadow.pdf](http://web.engr.illinois.edu/~dhoiem/publications/cvpr11_shadow.pdf), accessed 13.06.2015.
6. Shoaib M., Dragon R., Ostermann J. Shadow detection for moving humans using gradient-based background subtraction. [IEEE International Conference (ICASSP 2009)]. Taipei, 2009. P. 773-776.

7. Arevalo V., Gonzalez J., Ambrosio G. Shadow detection in colour high-resolution satellite images // International Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 29, No. 7. P. 1945–1963.