

УДК 004.931

**Ткачук Е.О., Федяев О.И.**

Донецкий национальный технический университет  
Кафедра прикладной математики и информатики  
flaringrep@gmail.com

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИФИКАТОРОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛИЦА НА СНИМКЕ**

### *Аннотация*

*Ткачук Е.О., Федяев О.И. Сравнительный анализ классификаторов обнаружения лица на снимке. Выполнен анализ четырёх классификаторов Хаара. Произведено сравнение результатов выделения лица на снимке при использовании различных классификаторов.*

*Ключевые слова:* снимок, выделение лиц, признаки Хаара, каскад, классификатор, бустинг.

**Обзор проблемы обнаружения лица.** В современном мире всё чаще возникает необходимость в распознании лиц людей. Это связано с тем фактом, что лицо является достаточно уникальной частью человека, его можно использовать для однозначной идентификации. Это свойство очень часто используется как в системах безопасности, так и в криминалистике. Не менее важно применение алгоритмов распознавания лица и в других областях, например, в робототехнике [1-3].

Задача распознавания лица очень сложна. Чтобы компьютерная система распознавала лица на уровне человека, необходимо чётко понимать функции и принципы работы мозга в этом вопросе [1].

Следует заметить, что система распознавания человека обучаемая. Это легко обнаружить, если рассмотреть такой факт: люди одной расы человека первое время очень плохо распознают лица других рас. Но это сильно меняется при длительном общении с представителями других рас. Учитывая этот факт, а также множество других, можно сделать вывод, что распознавание требует колоссальных вычислительных затрат. Для того, чтобы снизить эти затраты, необходимо проводить предварительную обработку изображений, на которых представлены лица. Наиболее логичным будет сначала выделить область, где расположено лицо, а уже затем его распознавать. Это позволит избежать лишних вычислений при попытке обнаружить лицо там, где его нет. Но даже такая задача является достаточно сложной.

**Постановка задачи.** Вводимый с веб-камеры снимок  $S(x,y)$  – представляет собой совокупность изображений отдельных объектов (лиц) и фона

$$S(x,y) = L_1(x,y) + L_2(x,y) + \dots + L_n(x,y) + F(x,y),$$

где  $n$  – количество выделяемых на снимке лиц;  $F(x,y)$  – изображение фона;  $(x,y) \in G$  – область определения снимка.

Снимок  $S(x,y)$  с видеокамеры определён только на дискретном множестве точек  $D$  с координатами  $(x_i, y_i) \in G$ . При этом,

$$L_k(x_i, y_j) = \begin{cases} k, & \text{если } (x_i, y_j) \in D_k, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$F(x_i, y_j) = 0, \text{ если } (x_i, y_j) \notin D_F$$

где  $D_k$  – дискретная область  $k$ -го лица;  $D = D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_n \cup D_F$ ;  $D$  – дискретная прямоугольная решётка, в узлах которой определён снимок  $S(x,y)$ . Узлы решётки определяются координатами  $(x_i, y_j)$  или их номерами  $(i,j)$ , в которых задаётся цвет снимка в данной точке, что в совокупности определяет пиксель снимка.

Таким образом, исходный снимок  $S(x,y)$  можно рассматривать как прямоугольную целочисленную решётку  $P$ , узлы которой являются пикселями:

$$P = \{p(i,j) \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}\},$$

где  $i, j$  – целочисленные координаты (номера) пикселя;  $p(i, j) \in \{0, 1\}$  – цветовой компонент пикселя.

Задача работы заключалась в нахождении множества точек  $(i,j) \in D_k$ , для которых  $S(x_i, y_j) = L_k(x_i, y_j)$ .

**Метод решения.** Для решения задачи выделения лица используются множество различных методов [3,5]. Но все методы можно условно разделить на группы, в которых подходят к этому вопросу с одной из двух сторон: рассмотрение лица как класса объектов и рассмотрение лица как изображения. В первом случае для выделения лица используются особенности формы и цвета, во втором – особенности расположение пикселей на изображении с лицом. Использование формы и цвета имеет существенные ограничения: например, форма головы у разных людей может сильно отличаться, а цвет кожи, несмотря на то, что варьируется в известных пределах, сильно зависит от освещения. Но и рассмотрение лица как набора пикселей тоже не лишено недостатков – освещение также сильно влияет на эффективность выделения лица. В данной работе был рассмотрен именно алгоритм второй группы, а именно, метод Виолы-Джонса, позволяющий выделять любой объект на снимке при правильном обучении [1,4].

Этот метод базируется на разнице оттенков пикселей. Для повышения скорости работы используются области пикселей. Каждая такая область – признак (или функция) Хаара – представляет собой прямоугольник с двумя областями: темной и светлой. В стандартной реализации это прямоугольники с поворотом на 90 или 180 градусов, в методе Виолы-Джонса – на различный

угол и с изменённым местом расположения тёмной области в признаке. Для признака рассчитывается его значение по формуле:

$$F = X - Y,$$

где  $X$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью, а  $Y$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых тёмной частью признака. Полученное значение сравнивается со значением, определяемым при обучении: если значение выше, то считается, что признак обнаружил объект, если меньше – то не обнаружил. Поскольку признаки отличаются расположением, то и реагировать они будут по-разному: некоторые будут выдавать правильный ответ очень часто, другие – на уровне случайного угадывания. Первые называются сильными признаками, а вторые – слабыми. Очевидно, что такое поведение сильно связано с самим объектом – где-то сильные признаки будут проявлять себя плохо, где-то – очень хорошо, поэтому всё в данном случае решает обучение.

Все эти признаки еще нужно как-то применить к изображению. Для этого используется принцип сканирующего окна, подразумевающий, что по всей картинке будет двигаться некоторый прямоугольник, внутри которого и будут применяться признаки Хаара. Применяться они будут с учётом поворотов и масштабирования. Данный процесс повторяется несколько раз для разного размера сканирующего окна. Таким образом, масштабирование производится не над самим изображением, а над окном и признаками, что значительно ускоряет процесс распознавания. На рис.1 показан пример применения признака на область переносицы и глаз.

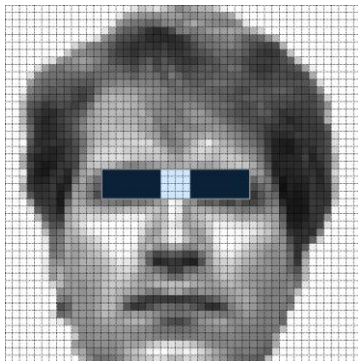


Рисунок 1 – Пример применения признака на область переносицы и глаз

Для ускорения вычислений яркости используется технология интегрального изображения. Но это не единственное улучшение. Для увеличения эффективности выделения необходимо много сильных признаков, которые можно получить, комбинируя слабые признаки. Эта технология называется бустингом, или AdaBoost. Комбинируя наборы признаков можно

получить классификатор, а обучив его на снимках с распознаваемым объектом можно применять его к любым другим объектам рассматриваемого класса, т.е. если обучить классификатор на некотором наборе лиц, то его можно использовать для выделения лиц в реальных условиях.

Данный алгоритм реализован в нескольких различных системах, в том числе и в OpenCV. В данной работе были выбраны четыре классификатора из стандартного набора, а именно: default, alt, alt2 и alt\_tree. Эти четыре классификатора отличаются разным набором изображений, которые использовались при их обучении. В результате применения этих классификаторов были получены оценки их эффективности в различных условиях.

**Результаты исследований.** Эксперимент 1: влияние угла поворота лица на эффективность обнаружения. Для эксперимента был взят один снимок лица, на котором легко выделяется лицо всеми четырьмя классификаторами. Далее были произведены повороты исходного изображения лица на 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 градусов. На рис.2 показан пример одного из таких изображений. Фон подобран таким образом, чтобы он меньше всего влиял на процесс обнаружения. Полученные изображения были обработаны всеми классификаторами. Результат тестирования можно наблюдать на рис. 2

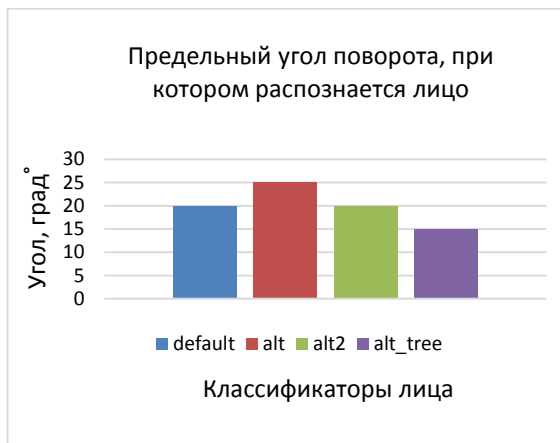


Рисунок 2 – Влияние угла поворота лица на эффективность обнаружения

Эксперимент 2: влияние наклона головы на эффективность обнаружения лица. Для эксперимента были взяты лица двух человек, сфотографированных с разным углом наклона головы: от -90 градусов (голова опущена вниз) до +90 градусов (голова запрокинута вверх). На рис.3 изображены примеры снимков, а также диаграмма, демонстрирующая результаты тестирования.

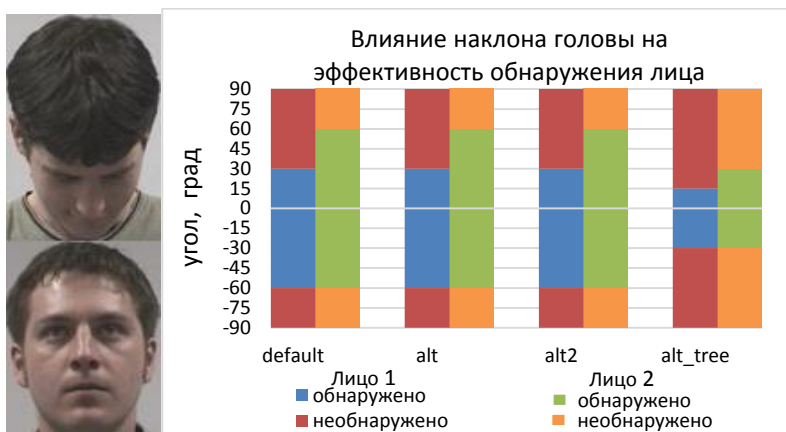


Рисунок 3 – Влияние наклона головы на эффективность обнаружения лица разного типа

Эксперимент 3: влияние поворота головы вправо/влево на эффективность обнаружения лица. Для эксперимента были взяты лица двух человек, сфотографированных при разных углах поворота головы: от  $-90$  градусов (человек смотрит влево) до  $+90$  градусов (человек смотрит вправо). На рис.4 показаны примеры снимков и полученный результат тестирования.

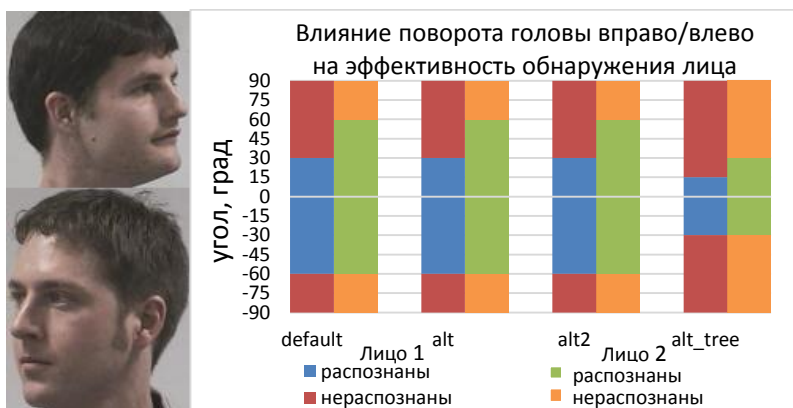


Рисунок 4 – Влияние поворота головы вправо/влево на эффективность обнаружения лица

Эксперимент 4: оценка эффективности обнаружения лица человека, носящего очки. В данном тестовом примере рассматривается влияние очков с прозрачными стеклами на эффективность выделения лица. На рис.5 показаны примеры снимков как без очков, так и с очками. На диаграмме этого рисунка

показаны результаты эксперимента, оценивающего влияние очков на эффективность обнаружения. Из диаграммы видно, что прозрачные очки не влияют на эффективность выделения лица.

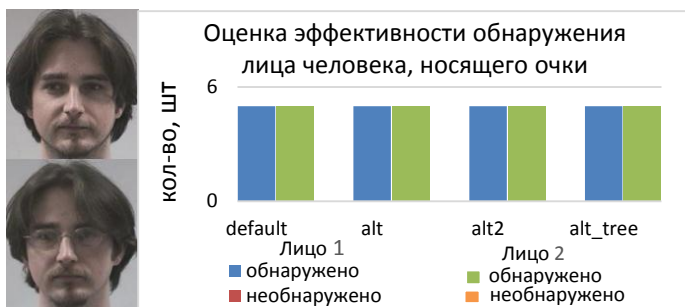


Рисунок 5 – Результаты тестирования

Анализ полученных результатов показывает, что наилучшие показатели у классификатора alt.

**Выводы.** В работе проанализированы стандартные классификаторы, построенные на методе Виолы-Джонса. Для оценки качества их работы были составлены тестирующие наборы, отражающие реальные ситуации при распознавании лиц. В частности, проведен анализ четырёх известных классификаторов. Выбран наиболее оптимальный классификатор. Результаты тестирования показали, что классификатор alt лучше справляется с задачей обнаружения лица. Выполненные исследования помогут строить системы распознавания лица человека в режиме реального времени.

### Список литературы

1. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://habrahabr.ru/post/133826/](http://habrahabr.ru/post/133826/) - Загл. с экрана.
2. Как работает детектирование лиц/ Robin Hewitt, Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://www.digital-sky.ru/point-3/artcateg-17/article-10.html](http://www.digital-sky.ru/point-3/artcateg-17/article-10.html) - Загл. с экрана.
3. Алгоритмы выделения лиц на статических изображениях и в видеопотоке / А.А. Друки проф., д.т.н. В.Г. Спицын. – 2008. – 140 с.
4. Распознавание лиц по методу Виолы-Джонса. Программа SqFace. / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://sqface.ru](http://sqface.ru) - Загл. с экрана.