

УДК 621.372.542

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Ларин Б.И., Ладыженский Ю.В.

Донецкий национальный технический университет

*Ларин Б.И., Ладыженский Ю.В. Распределенная программная система для распознавания лиц. Рассмотрена система поиска и распознавания лица человека на изображении. Произведен анализ архитектуры и метода распознавания лица с помощью поиска участков изображения по цвету и алгоритма AdaBoost.*

### Общая постановка проблемы

Проблема распознавания лиц является важной частью во многих сферах жизни человека, от криминалистики, обеспечения безопасности до человеко-машинных интерфейсов.

Библиотека OpenTL [1] предоставляет набор инструментов для отслеживания объектов в видеопотоке. Одним из объектов, которые возможно отслеживать с ее помощью – лица людей. В поставке OpenTL присутствуют модули, упрощающие поиск лица человека с помощью алгоритма адаптивного усиления – AdaBoost.

### 1 Архитектура системы

Рассматриваемая система распознавания состоит из устройства ввода – веб-камеры, клиентского компьютера и серверов обработки изображения. Архитектура системы изображена на рис. 1.

Изображение, полученное с устройства ввода, проходит первоначальную обработку на главном сервере распознавания. Затем данные, полученные от предварительной обработки, рассылаются на вспомогательные сервера распознавания.

На вспомогательных серверах происходит верификация результатов первоначальной обработки изображения и, в случае успешной верификации, распознавание полученного лица.

Результат распознавания затем возвращается на главный сервер распознавания. Главный сервер собирает результаты верификации и распознавания участков, найденных на первоначальном этапе, и возвращает ответ клиенту, пославшему запрос.

Данные между устройствами передаются по сети с помощью протокола TCP. Клиентский компьютер передает на главный сервер графический файл с изображением. Главный сервер распознавания передает на вспомогательные сервера изображение и информацию, необходимую для дальнейшего распознавания.

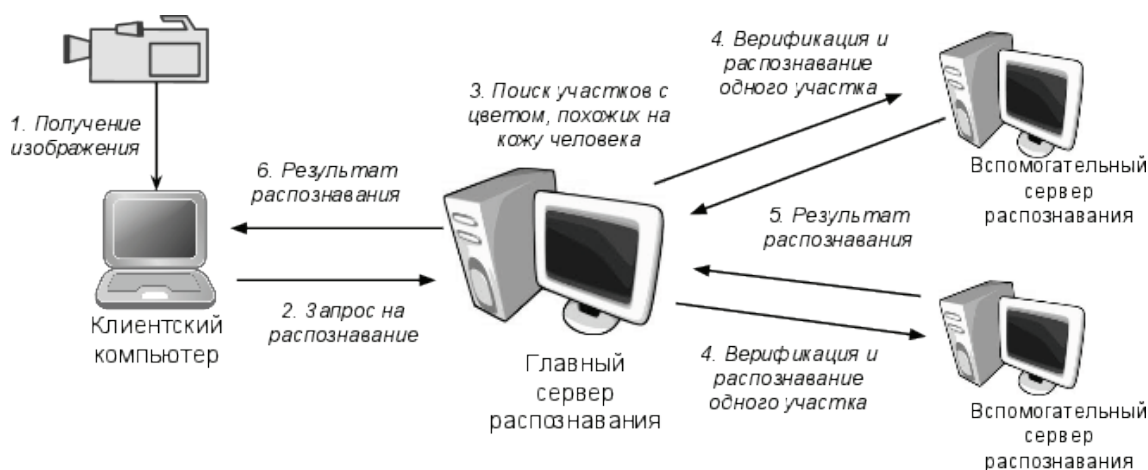


Рисунок 1. Схема поиска лиц в изображении распределенным методом AdaBoost

## 2 Распределенное распознавание лиц

Метод AdaBoost заключается в построении комплексного классификатора из набора базовых на этапе обучения [2]. Во время выполнения обучения AdaBoost несколько раз вызываются слабые классификаторы в серии циклов  $t=1, \dots, T$ . Для каждого вызова обновляется распределение весов  $w_t$ , что говорит о важности обучающей выборки для обучения классификаторов. В каждом раунде веса неправильных классификаторов увеличиваются, а правильных - уменьшаются.

Таким образом, на каждом следующем шаге классификатор строится на тех объектах, которые были плохо классифицированы на предыдущем. Это значительно улучшает качество поиска объектов, уменьшая уровень погрешности.

Дана обучающая выборка  $(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$ , где  $x_i \in X$  отрицательные и положительные примеры изображения (напр., изображения-лица и не лица), соответственно обозначенные как  $y_i \in Y = \{0, 1\}$ . Веса для алгоритма инициализируются как  $w_{1,i} = 1/2m$  и  $1/2l$  для  $y_i = 0, 1$ , где  $m$  и  $l$ , соответственно, количество положительных и отрицательных примеров. Затем для  $t=1, \dots, T$  повторяется следующая процедура:

Нормализуются веса

$$w_{t,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,i}}$$

таким образом,  $w_t$  является распределением вероятности.

2. Для каждой характеристики  $j$  обучается слабый классификатор  $h_j$  по всем примерам. Вычисляется взвешенная ошибка:

$$\varepsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i|$$

3. Находится классификатор  $h_t$  с минимальной ошибкой,  $\varepsilon_t$

4. Обновляются веса

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_t^{1-\varepsilon_i}$$

где  $\varepsilon_i = 0$  если пример  $x_i$  классифицирован правильно классификатором  $h_t$ , иначе  $\varepsilon_i = 1$ , и  $\beta_t = \varepsilon_t / (1 - \varepsilon_t)$ .

Итоговый классификатор

$$h(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $\alpha_t = \log(1/\beta_t)$ . Поэтому, после выбора оптимального классификатора  $h_t$  для распределения  $w_t$ , примеры  $x_i$ , которые классификатор  $h_t$  идентифицировал корректно имеют меньший вес, а те, которые идентифицированы некорректно, получают больший вес. Следовательно, когда алгоритм тестируется на распределении  $w_{t+1}$ , он выберет классификатор, который лучше распознает примеры, пропущенные предыдущими классификаторами [3].

Виола и Джонс [2] использовали набор характеристик для классификации лицо - не лицо на небольшом окне 24x24. В частности, каждая характеристика является хааровская прямоугольная функция [4]. Каждая из этих характеристик используется для обучения слабых классификаторов.

Такие классификаторы, даже после обучения на всех примерах набора  $x_i$  будут показывать посредственные результаты, так как в любом случае, более или менее, половина примеров классифицируется неверно. Однако, каскад из двух классификаторов с обученных по алгоритму AdaBoost дает подходящие результаты.

Схема поиска лиц на изображении показана на рисунке 2. Главный сервер распознавания получает от клиента графический файл с изображением, в котором предполагается наличие лиц.

Поиск лиц на изображении выполняется на главном сервере распознавания и состоит из трех шагов:

1. Поиск участков с цветом, похожим на цвет кожи человека – кластеризация изображения в

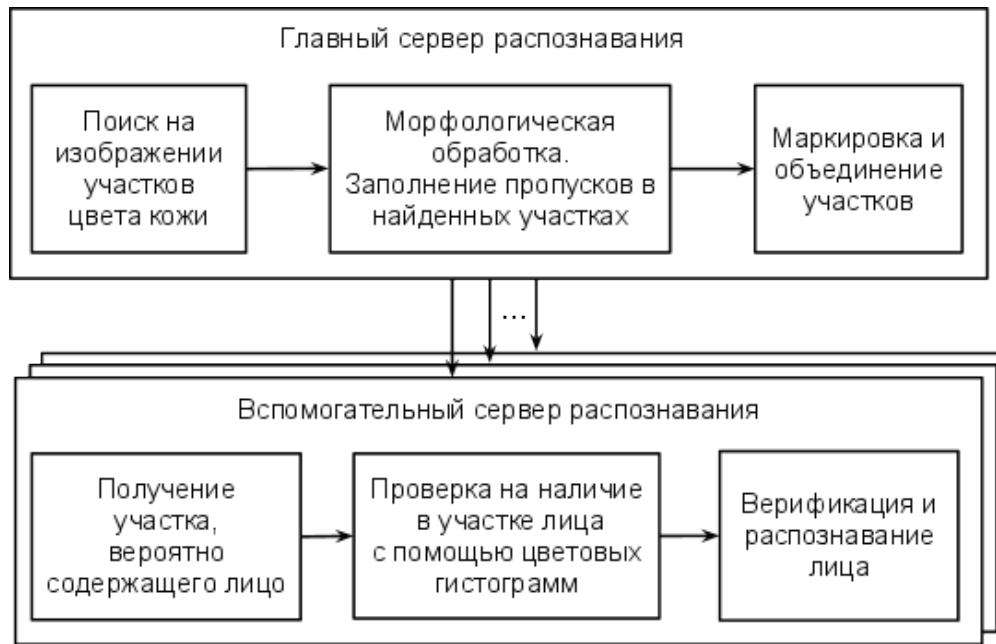


Рисунок 2. Схема поиска лиц в изображении распределенным методом AdaBoost

[3] выполняется методом кластеризации двумерного цветового пространства;

2. Морфологическая обработка найденных участков – в бинарном изображении при некоторых условиях в найденных областях могут появляться небольшие пропуски. На этом этапе проводится анализ и, по возможности, дополнение пропущенных участков;
3. Объединение и маркировка полученных областей – выделение единых регионов и обозначение их как одного объекта.

В результате цветовой сегментации и выделения областей с цветом, похожим на кожу, получаются бинарные карты. После морфологической обработки и маркировки двоичные карты и графический файл рассылаются вспомогательным серверам для последующей обработки.

Верификация лица начинает выполняться после получения данных о найденном участке, похожем на лицо человека. Этот этап выполняется на вспомогательном сервере и также состоит из трех шагов:

1. Выбор участка, вероятно содержащего лицо – сканирование AdaBoost с помощью хааровских прямоугольников;
2. Вычисление цветовой гистограммы участка – для найденного на предыдущем шаге участка вычисляется значение, определяющее, содержит ли обработанный участок лицо;
3. Параллельная верификация и распознавание лиц на изображении с помощью алгоритма собственных векторов.

Хааровские характеристики являются одним из наиболее часто используемых методов определения характеристик для алгоритма AdaBoost. Они простые и относительно быстрые. Они измеряют расстояние между черными прямоугольниками и белыми прямоугольниками хааровских шаблонов на изображении в градациях серого. На этапе поиска объектов, эти прямоугольники должны масштабироваться соответственно разным окнам, используемым для сканирования по всему изображению. Таким образом, лица разных размеров могут быть определены одним окном. Таким образом, точность поиска лиц будет повышена.

Для распознавания используется метод собственных векторов. Он предоставляет практичное решение проблемы распознавания лиц. Он быстр, относительно прост и показывает хорошие результаты в зашумленной среде. Следует заметить, что большинство приложений не требует абсолютной точности распознавания, достаточно достигнуть приемлемого уровня ошибочных распознаваний. Для больших баз лиц возможно реализовать поиск достаточно небольшого набора лиц, схожих с распознаваемым и предоставить пользователю возможность выбора из найденного множества [5].

### Вывод

В ходе исследования была разработана архитектура системы распределенного распознавания лиц. Система включает клиентскую и серверную подсистемы. Клиентская часть является программной системой, реализующей получение изображения и запрос к серверной подсистеме. Серверная подсистема состоит из главного и вспомогательного серверов, на которых происходит поиск лиц, их верификация и распознавание. Система использует метод цветовой сегментации для поиска лиц и метод AdaBoost для распознавания и может быть успешно использована в промышленном программном комплексе для распознавания лиц.

### Литература

- [1] OpenTL. A general-purpose tracking library. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://opentl.org/>
- [2] Paul A. Viola and Michael J. Jones . Robust real - time face detection . Int. J. Comput. Vision , 57 ( 2 ): 137 – 154 , 2004 .
- [3] Constantine Papageorgiou , Michael Oren , and Tomaso Poggio . A general framework for object detection . In International Conference on Computer Vision , 1998, pp. 555 – 562 .
- [4] Wen-Yew Liang, Chi-Yu Weng, Yen-Lin Chen, Che Wun Chiou, Design of a Parallel Face Detection Algorithm for Distributed Low Cost IP-based Surveillance Systems, Journal of Convergence Information Technology, Volume 6, Number 2., 2011
- [5] Eigenfaces for Recognition, Matthew Turk and Alex Pentland, Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.face-rec.org/algorithms/PCA/jcn.pdf>