

*И.В. Бекетова, С.Л. Каратеев, Ю.В. Визильтер,  
канд. техн. наук, С.Ю. Желтов, д-р техн. наук*

## **Автоматическое обнаружение и локализация глаз на цифровых изображениях лиц на основе метода адаптивной классификации AdaBoost**

*ФГУП ГосНИИАС, Москва, [irus@gosniias.ru](mailto:irus@gosniias.ru)*

В настоящее время в связи с широким распространением автоматизированных систем видеонаблюдения и систем биометрической идентификации личности особое практическое значение приобретает проблема автоматического обнаружения и распознавания человеческих лиц на изображениях, получаемых от камер видеонаблюдения, а также различных систем контроля доступа, паспортного контроля и т.д. Основной проблемой в задачах детекции и распознавания лиц является требование точной локализации основных элементов изображения лица, таких как глаза, рот, нос. Одним из ключевых элементов изображения лица, наиболее устойчивым к изменениям внешности человека, являются глаза. Кроме того, глаза являются решающим признаком при идентификации одного человека другим человеком: в процессе психофизических экспериментов установлено, что основное внимание человека концентрируется в районе глаз представленного изображения лица [1].

Задача обнаружения изображений глаз представляет собой задачу поиска и распознавания на цифровом изображении лица локальных областей, облажающих специфическими характеристиками для изображений глаз параметрами. В последнее десятилетие для задач распознавания широкую популярность приобрёл метод адаптивного усиления (boosting) слабых (weak) классификаторов AdaBoost [2],[3]. Метод основан на комбинировании «слабых» классификаторов, точность которых может лишь незначительно превышать вероятность случайного угадывания (т.е. вероятность правильной классификации для каждого слабого классификатора немногим больше  $\frac{1}{2}$ ). В результате объединения таких «слабых» классификаторов строится один «сильный» (strong), высокоэффективный классификатор. Алгоритм обнаружения, базирующийся на методе адаптивного усиления AdaBoost выполняет следующие действия:

- синтез слабых классификаторов;
- обучение слабых классификаторов;

- принятие решения на базе линейной комбинации элементарных классификаторов.

В процессе обучения на обучающей выборке эталонных изображений (образцов) формируется последовательность слабых классификаторов. Окончательная гипотеза формируется взвешенным голосованием гипотез слабых классификаторов. Обучение произвольного количества слабых классификаторов проводится на одной обучающей выборке, составленной из образцов, которым приписаны соответствующие весовые коэффициенты. На каждой итерации взвешивание образцов производится адаптивно по отношению к результатам работы предыдущего слабого классификатора: больший вес получают те примеры, на которых допускались ошибки предыдущими классификаторами.

При использовании метода адаптивного усиления слабых классификаторов AdaBoost задача обнаружения глаз представляется частным случаем задачи классификации: анализируется фрагмент изображения и принимается решение о принадлежности его к классу изображений глаз или классу фоновых изображений. При этом областью поиска является часть изображения лица, представляющая собой область ожидаемого расположения глаз. Исходя из статистической модели типового лица можно предварительно оценить ожидаемые размеры глаз и, соответственно, размеры скользящего окна поиска. Благодаря этому существенно возрастает вычислительная эффективность алгоритма. Для классификации фрагментов изображения разработан модифицированный алгоритм синтеза высокоэффективных классификаторов из множества слабых классификаторов Adaboost, отличающийся от классического варианта использованием аппроксимации распределения вероятностей откликов слабых классификаторов вместо пороговой решающей функции. Данный подход позволяет упростить алгоритм обучения классификатора, что приводит к существенному сокращению времени обучения и повышению эффективности получаемого в результате сильного классификатора.

Алгоритм обнаружения глаз с использованием метода адаптивной классификации AdaBoost определяет координаты местоположения глаз в пределах радужной оболочки. Для точной локализации изображений глаз производится поиск координат центров зрачков с использованием морфологической фильтрации. Морфологический фильтр выделяет изображение зрачка и радужной оболочки глаз, устраняя при этом шумовые помехи и артефакты изображения, например блики. Координаты центров зрачков

определяются путём свёртки изображения с круговым фильтром, подчёркивающим форму зрачка.

Проведенное математическое моделирование показало, что при работе по случайно выбранной совокупности тестовых изображений разработанный алгоритм автоматического обнаружения и локализации изображений глаз обеспечивает вероятность правильного обнаружения и локализации не менее 0.95 при вероятности ложного обнаружения глаз не более 0.01. Кроме того, разработанный алгоритм обладает высокой производительностью, позволяющей работать с цифровым видеопотоком в реальном времени. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в системах биометрической идентификации, контроля доступа, в системах анализа и распознавания изображений, программных средствах для видеоконференций и других подобных приложениях.

1. Campadelli, P., Lanzarotti, R., Lipori, G. Eye localization: A Survey. *Fundamentals of Verbal and Nonverbal Communication and the Biometric Issue*, vol.18: 234-245, 2007
2. Freund, Y., Schapire, R. A Short Introduction to Boosting. *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*, 14(5): 771-780, September, 1999
3. Viola, P., Jones, M. Robust Real Time Object Detection. *IEEE ICCV Workshop Statistical and Computational Theories of Vision*, July, 2001