

## Поиск внешней и внутренней границ радужной оболочки на изображении глаза методом парных градиентов

Ю.С. Ефимов<sup>1</sup>, И.А. Матвеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Вычислительный центр им. Дородницына РАН

В работе рассматривается задача выделения области радужной оболочки на изображении глаза. Внешняя и внутренняя границы радужной оболочки аппроксимируются окружностями.

В современной биометрии существует проблема выделения радужной оболочки на изображении глаза человека. Требуется выделить две приближённо концентрические окружности, соответствующие внутренней и внешней границам радужки. Внутри радужка ограничена зрачком - темной круглой областью, снаружи - белком глаза - наоборот, светлым пространством

Для поиска границ радужки используется методология Хафа – метод парных градиентов. Данный метод предполагает использование градиентов яркости в качестве критерия отбора точек, предположительно лежащих на одной окружности. Для выделения границ на изображении используется фильтр Кэнни. Из пикселей границ формируется множество граничных точек.

Как известно, окружность на плоскости можно задать вектором параметров:  $\mathbf{p} = (x_c, y_c, r)^T$ , где пара  $(x_c, y_c)^T \in \mathbb{R}^2$  задаёт центр окружности и  $r \in \mathbb{R}$  определяет её радиус. Предположим, что на изображении присутствует единственная окружность с параметрами  $O = O(x_c, y_c, r)$ . Тогда в ее точках модуль градиента яркости  $\|\mathbf{g}(x, y)\|$  будет превосходить его значение в остальных точках изображения. В идеальном случае, для пары точек  $\mathbf{q}_1 = (x_1, y_1) \in O$  и  $\mathbf{q}_2 = (x_2, y_2) \in O$ , принадлежащих диаметру окружности  $O$ , векторы  $\mathbf{g}(\mathbf{q}_1)$  и  $\mathbf{g}(\mathbf{q}_2)$  будут противоположно направлены. В данном предположении эти векторы также будут лежать на одной прямой  $d(O)$  - диаметре окружности. Таким образом, можно сформулировать условия отбора для пары точек  $\{\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2\}$ :

$$\begin{cases} \|\mathbf{g}(\mathbf{q}_1)\| > T_g, \\ \|\mathbf{g}(\mathbf{q}_2)\| > T_g, \\ (\mathbf{g}(\mathbf{q}_1), \mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_2) > T_\varphi, \\ (\mathbf{g}(\mathbf{q}_2), \mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_2) > T_\varphi, \\ (\mathbf{g}(\mathbf{q}_1), \mathbf{g}(\mathbf{q}_2)) < 0, \end{cases}$$

где первые два условия определяют отбор точек с величиной градиента яркости с нижним порогом  $T_g$ , следующие два задают приблизительную коллинеарность градиентов диаметру гипотетической окружности с точностью до  $T_\varphi$ , и последнее условие задает антиколлинеарность векторов градиентов.

Если  $\{\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2\}$  - отобранная пара, то параметры  $\mathbf{p}(\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2) = \{x_c, y_c, r\}$  гипотетических окружностей определяются как:

$$x_c = \frac{x_1 + x_2}{2}, y_c = \frac{y_1 + y_2}{2}, r = \sqrt{(x_1 - x_c)^2 + (y_1 - y_c)^2}$$

Формируется множество параметров гипотетических окружностей  $P = \{p_i\}_{i=1}^M = xci, yci, r_i, i=1, M$ , где  $M$  - число отобранных пар.

Поиск центра радужной оболочки методом Хафа осуществляется голосованием, взвешенным по качеству, в двумерном массиве-аккумуляторе, изоморфном исходному изображению. Для определения радиусов окружностей, аппроксимирующих границы радужки, используется гистограмма расстояний от найденного положения центра до граничных точек.

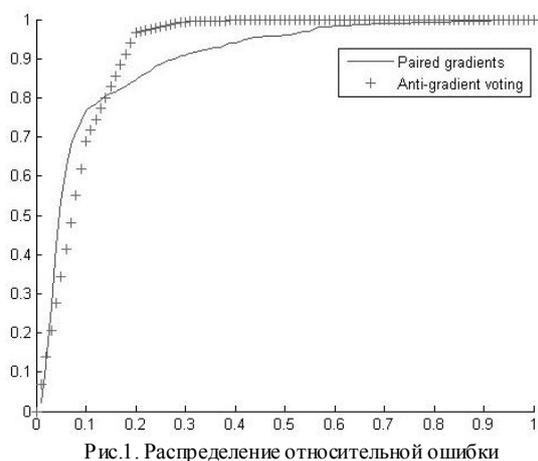


Рис.1. Распределение относительной ошибки

Проведён вычислительный эксперимент, проверяющий работоспособность алгоритма, на данных из открытой базы изображений радужки CASIA-2. Также произведено сравнение предлагаемого метода с методом голосования вдоль направления антиградиента яркости, Рис.1. Предлагаемый метод позволяет значительно сократить перебор граничных точек при поиске центра, и по точности сравним с указанным методом. Определены недостатки данного алгоритма и предложена его модификация с целью повышения его устойчивости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-01-00866.

[1] *И.А. Матвеев, К.А. Ганькин, А.Н. Гнеушев.* Сегментация изображения радужки, основанная на приближённых методах с последующими уточнениями. – Известия РАН. Теория и системы управления. – 2014. –но. 2. –Рр. 80-94.

[2] *Julien Cauchie Valerie Fiolet, Didier Villers.* Optimization of an Hough transform algorithm for the search of a center. – Pattern Recognition. – 2008. – Т. 41. –но. 2. –Рр. 567-574.

[3] *Lili Pan, Wen-Sheng Chu, Jason M. Saragih.* Fast and Robust Circular Object Detection with Probabilistic Pairwise Voting. –IEEE Signal Processing Letters. – 2011. – November. – Vol. 18. –но. 11.