

Поиск границ радужки методом круговых проекций

А. А. Баженов, И. А. Матвеев

bazhenov.aa@phystech.edu; ivanmatveev@mail.ru

В работе рассматривается задача приблизительного нахождения границ радужки глаза. Входными данными являются изображение и считающееся известным положение зрачка глаза. Для нахождения границ зрачка и радужки используется нейронная сеть, для достижения максимальной производительности алгоритма используется предварительная обработка данных. Работа алгоритма проверена на базе изображений.

Ключевые слова:

1 Введение

Жизнь современного человека неразрывно связана с большим количеством аккаунтов, к каждому из которых необходим надежный способ аутентификации. Обзоры [1, 2] отмечают становление популярности биометрических способов идентификации человека относительно классических, таких как использование паролей. Обзор [2] особо выделяет методы, основанные на распознавании радужки, как позволяющие достигнуть высокой точности распознавания. Первичное выделение регионов на изображении глаза человека является одним из важнейших этапов персональной идентификации. В статье [3] описана общая схема работы системы сегментации изображения глаза: нахождение приблизительной позиции зрачка и последующее нахождение границ зрачка и радужки, с возможным итеративным уточнением.

В [3, 4] для реализации этапа первоначального определения границ радужки используется метод круговых проекций. Круговая проекция яркости — интеграл градиента яркости изображения по окружности, имеющей центр в предполагаемом центре зрачка, либо по ее дуге. По предположению из [4], найдя точку локального максимума зависимости круговой проекции яркости от радиуса окружности, можно найти радиус границы радужки. Однако на яркость изображения в районе границы может оказываться влияние затемнения от ресниц и других элементов лица, что делает возможность эвристических алгоритмов, используемых в [3, 4] ограниченным.

Целью работы является исследование методов, которые возможно использовать для обработки результатов подсчета круговых проекций, причем более устойчивых к влиянию внешних факторов, чем эвристические алгоритмы. Один из таких методов — использование нейронной сети. Именно этим методом было решено исследовать в рамках работы.

2 Постановка задачи

2.1 Модель системы нахождения границ радужки

Рассматриваются данные в виде растрового изображения глаза M . Изображение представляет из себя зрачок — круг с центром в точке $(P_x \ P_y)^T$ и радиусом P_R , окруженный радужкой — кругом с центром в точке $(I_x \ I_y)^T$ и радиусом I_R , часть которого может отсутствовать на изображении. Помимо зрачка и радужки, на изображении присутствуют посторонние элементы.

Модель системы нахождения границ радужки представляется отображением $f: M \mapsto (\hat{P}_x \ \hat{P}_y \ \hat{P}_R \ \hat{I}_x \ \hat{I}_y \ \hat{I}_R)^T$. Для отбора моделей вводится функция потерь:

$$L(x, y) = h \left(\frac{|x - y|}{x} \right).$$

Функция $h(t)$ задается формулой:

$$h(t) = (t - 0.1) \cdot I_{[0.1;0.2)}(t) + (5t - 0.9) \cdot I_{[0.2;+\infty)}(t),$$

где $I_A(x)$ — индикаторная функция множества A . Рассматривается следующая задача оптимизации:

$$\sum_{i=1}^n L(P_{Ri}, \hat{P}_{Ri}) + L(I_{Ri}, \hat{I}_{Ri}) \rightarrow \min_f. \quad (1)$$

2.2 Метод круговых проекций

Метод описан в статье [4]. Обозначим $\mathbf{x} = (x, y)$ — точку на изображении, $b(\mathbf{x})$ — яркость изображения в этой точке, $\mathbf{g}(\mathbf{x}) = \nabla b(\mathbf{x})$ — градиент яркости. Согласно предположению, указанному в статье [4], точки, лежащие на границе радужки либо зрачка, должны удовлетворять условию, описываемому индикаторной функцией:

$$v_U(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1, & \|\mathbf{g}\| > T_1 \wedge \frac{(\mathbf{x}, \mathbf{g})}{\|\mathbf{x}\| \cdot \|\mathbf{g}\|} > T_2 \wedge \mathbf{x} \in U, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где T_1 и T_2 — некоторые пороговые значения, а U — квадрант, то есть одно из множеств точек плоскости:

$$U = \begin{cases} L: & |x| > |y| \wedge x < 0, \\ R: & |x| > |y| \wedge x > 0, \\ B: & |x| \leq |y| \wedge y < 0, \\ T: & |x| \leq |y| \wedge y > 0. \end{cases}$$

Для аккумуляции значений индикаторных величин вводится следующее понятие. Пусть зафиксирован некоторый квадрант U . Тогда *круговой проекцией яркости по окружности радиуса r* называется следующая величина:

$$\Pi_U(r) = \frac{1}{2\pi r} \sum_{r-0.5 \leq \|\mathbf{x}\| \leq r+0.5} v_U(r).$$

Радиус r^* , соответствующий границам зрачка и радужки, является точкой локального максимума функции $\Pi_U(r)$.

2.3 Алгоритм поиска оптимального радиуса

При известном приблизительном расположении зрачка встает задача поиска приближенных радиусов границ радужки \hat{I}_R и зрачка \hat{P}_R при помощи некоторой модели. В работе в качестве таких моделей, выступают нейронные сети, принимающие как входные данные значения $\Pi_U(r)$, $U \in \{L, R, T, B\}$, $r \in [0, r_{\max}]$, либо точки локальных максимумов функционала $\Pi_U(r)$, $U \in \{L, R, T, B\}$ и их значения. Обучение моделей есть решение задачи оптимизации:

$$\sum_{i=1}^n \left(\hat{I}_{Ri} - I_{Ri} \right)^2 + \left(\hat{P}_{Ri} - P_{Ri} \right)^2 \rightarrow \min_{f \in \mathbf{F}_k},$$

где \mathbf{F}_k — некоторое подсемейство моделей. Обученные модели сравниваются с точки зрения качества решения задачи (1).

Литература

- [1] A. Nithya, C. Lakshmi Iris Recognition Techniques: A Literature Survey // International Journal of Applied Engineering Research, 2015

- [2] *K. Bowyer, K. Hollingsworth, and P. Flynn* Image Understanding for Iris Biometrics: A Survey // Computer Vision and Image Understanding, 2008. Vol. 110. № 2. pp. 281–307
- [3] *K. A. Gankin, A. N. Gneushev, and I. A. Matveev* Iris image segmentation based on approximate methods with subsequent refinements // Journal of Computer and Systems Sciences International, 2014. Vol. 53. № 2. pp. 224–238. doi: <http://dx.doi.org/10.1134/S1064230714020099>.
- [4] *I. A. Matveev* Detection of iris in image by interrelated maxima of brightness gradient projections // Appl. Comput. Math., 2010. Vol. 9. № 2. pp. 252–257.

Поступила в редакцию