

Быстрый беспереборный алгоритм аппроксимации границ радужки глаза*

Черепков А. Ю.¹, Нейчев Р. Г.¹, Матвеев И. А., Стрижов В. В.²

cherepkov.ayu@phystech.edu

¹Московский физико-технический институт, Россия, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

²Вычислительный центр им. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН

В статье рассматривается задача выделения внутренней и внешней границ зрачка на изображении глаза. Границы аппроксимируются окружностями с неизвестными параметрами: центр и радиус. Для решения поставленной задачи используются следующие шаги: морфологическая обработка с последующей бинаризацией изображения глаза; преобразование координат, переводящее окружности в прямые; поиск параметров аппроксимирующих окружностей с помощью решения задачи мультимоделирования в новых координатах. Проверка качества алгоритма производится на изображениях глаз из открытых наборов данных [?].

Ключевые слова: компьютерное зрение, мультимоделирование, преобразование пространства, аппроксимирующие окружности, границы радужки глаза.

1 Введение

Рассматривается задача выделения внутренней и внешней границ зрачка на изображении глаза. Алгоритм аппроксимирует границы с помощью двух окружностей. Поиск параметров окружностей затрудняют следующие факторы: наличие бликов и шумов, низкое качество исходного изображения, допустимость различных ракурсов и перспектив при фотографировании. Данная задача может возникать в системах биометрии и в медицине, например, при создании аппаратов, производящих лазерную коррекцию зрения.

Ранее были представлены различные алгоритмы для решения поставленной задачи. Работа [1] основана на обобщённом преобразовании Хафа – численного метода, позволяющего находить на изображении объекты, принадлежащие заданному классу фигур (в данном случае, классом являются окружности). Данный метод использует процедуру голосования в пространстве параметров для нахождения локальных максимумов. В работе [1] был сделан упор на сокращение перебора граничных точек при определении центра методом Хафа для ускорения алгоритма. В работе [2] описан более быстрый и точный алгоритм, основанный на использовании оператора Кэнни.

В данной статье представлен беспереборный алгоритм аппроксимации границ радужки глаза. Вводится преобразование пространства, в котором искомые окружности имеют вид прямых. Производится морфологическая обработка с последующей бинаризацией изображения глаза. Вводится предположение о том, что точки принадлежат к трём возможным классам. Два класса описывают окружности, третий – все остальные. Также предполагается, что элементы из третьего класса сгенерированы из нормального распределения. Тогда задача поиска аппроксимирующих окружностей сводится к решению задачи линейного мультимоделирования в новых координатах.

*Научный руководитель: Стрижов В. В. Задачу поставил: Матвеев И. А. Консультант: Нейчев Р. Г.

2 Постановка задачи

2.1 Входные данные

На вход подаётся растровое монохромное изображение I_0 размера $H \times W$ пикселей. Типичный размер – 480×640 пикселей, однако возможны и другие размеры. Входное изображение представлено в чёрно-белом формате, то есть каждый пиксель определяет градацию серого цвета по шкале от 0 до 255: $\forall i = \overline{1 \dots H}, j = \overline{1 \dots W} : 0 \leq I_0[i][j] \leq 255$.

2.2 Выходные данные

На выход алгоритм выдаёт $\{i_{\text{iris}}, j_{\text{iris}}, r_{\text{iris}}\}$ и $\{i_{\text{pupil}}, j_{\text{pupil}}, r_{\text{pupil}}\}$ – параметры двух окружностей, аппроксимирующих границы радужки и зрачка соответственно.

2.3 Качество решения

Обозначим за $\{\tilde{i}_{\text{iris}}, \tilde{j}_{\text{iris}}, \tilde{r}_{\text{iris}}\}$ и $\{\tilde{i}_{\text{pupil}}, \tilde{j}_{\text{pupil}}, \tilde{r}_{\text{pupil}}\}$ параметры аппроксимирующих окружностей, предоставленных экспертом. Будем считать абсолютную ошибку Δ , как максимум модулей отклонений предсказанных значений от истинных значений, предоставленных экспертом:

$$\Delta := \max\{|\tilde{i}_{\text{iris}} - i_{\text{iris}}|, |\tilde{j}_{\text{iris}} - j_{\text{iris}}|, |\tilde{r}_{\text{iris}} - r_{\text{iris}}|, |\tilde{i}_{\text{pupil}} - i_{\text{pupil}}|, |\tilde{j}_{\text{pupil}} - j_{\text{pupil}}|, |\tilde{r}_{\text{pupil}} - r_{\text{pupil}}|\}$$

Относительную ошибку ε определим как отношение абсолютной к радиусу радужной оболочки:

$$\varepsilon := \frac{\Delta}{\tilde{r}_{\text{iris}}}$$

На зафиксированном входе алгоритм считается успешным, если относительная ошибка ε меньше заранее заданного числа δ , называемого точностью. Качеством алгоритма будем называть долю изображений глаза, на которых алгоритм отработал успешно.

Литература

- [1] Y. S. Efimov and I. A. Matveev. Iris border detection using a method of paired gradients. *Machine Learning and Data Analysis*, 1(14):1991–2002, 2015.
- [2] V.V. Chigrinskiy. Fast algorithm for determining pupil and iris boundaries. *Machine Learning and Data Analysis*, 2(2):159–172, 2016.