

## Задача 1

**Название:** Поиск зрачка на изображении глаза методом проекций яркости

**Задача:** Дано монохромное растровое изображение глаза, см. примеры.



Необходимо определить приблизительные координаты центра зрачка. Слово «приблизительные» означает то, что вычисленный центр зрачка должен лежать внутри окружности с центром в истинном центре зрачка и половинного истинного радиуса. Алгоритм должен быть *очень* быстрым.

**Данные:** около 200 тыс. изображений глаз. При для каждого размечено положение истинной окружности — в целях обучения и проверки создаваемого метода.

**Базовой алгоритм:** Для ускорения работы с изображением предлагается агрегирование данных при помощи проекций яркости. Яркость изображения — функция двух дискретных аргументов

$I(x,y)$ . Её проекция на горизонтальную ось равна  $P(x) = \sum_y I(x,y)$ .

Аналогично строятся проекции на оси с наклоном. Построив несколько проекций (две, четыре), исходя из них, можно попытаться определить положение зрачка (компактной тёмной области) при помощи эвристик и/или нейросети. Интересно оценить возможности нейросети в данной задаче.

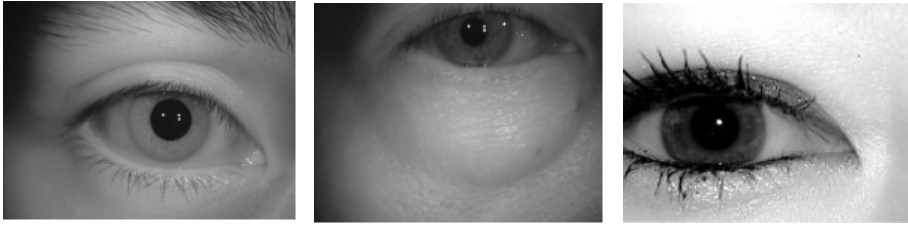
**Литература:** Zhi-Hua Zhou, Xin Geng Projection functions for eye detection // Pattern Recognition. 2004. V.37ю N.5. P.1049-1056. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2003.09.006>

**Автор:** Матвеев И.А.

## Задача 2

**Название:** Поиск границ радужки методом круговых проекций

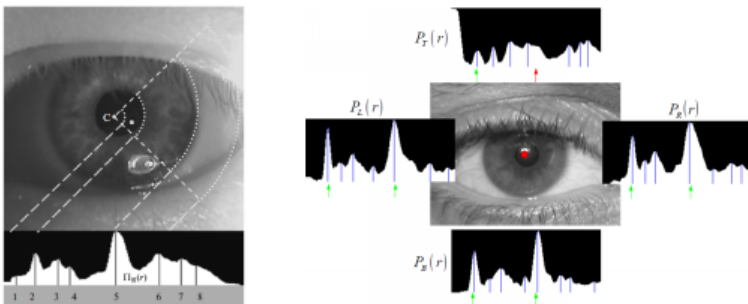
**Задача:** Дано монохромное растровое изображение глаза, см. примеры.



Также известно приблизительное положение центра зрачка. Слово «приблизительное» означает то, вычисленный центр зрачка отстоит от истинного не более чем на половину его истинного радиуса. Необходимо определить приблизительные положения окружностей, аппроксимирующих зрачок и радужку. Алгоритм должен быть *очень* быстрым.

**Данные:** около 200 тыс. изображений глаз. Для каждого размечено положение истинных окружностей — в целях обучения и проверки создаваемого метода.

**Базовый алгоритм:** Для ускорения работы с изображением предлагается агрегирование данных при помощи круговых проекций яркости. Круговая проекция — функция, зависящая от радиуса, значение которой  $P(r)$  равно интегралу направленного градиента яркости изображения по окружности радиуса  $r$  (или по дуге окружности). Пример для одной дуги (правой четверти) и для четырёх дуг:



Построив сколько-то круговых проекций, исходя из них, можно попытаться определить положение внутренней и внешней границ радужки (кольца) при помощи эвристик и/или нейросети. Интересно оценить возможности нейросети в данной задаче.

**Литература:** Matveev I.A. Detection of Iris in Image By Interrelated Maxima of Brightness Gradient Projections // Applied and Computational Mathematics. 2010. V.9. N.2. P.252-257.

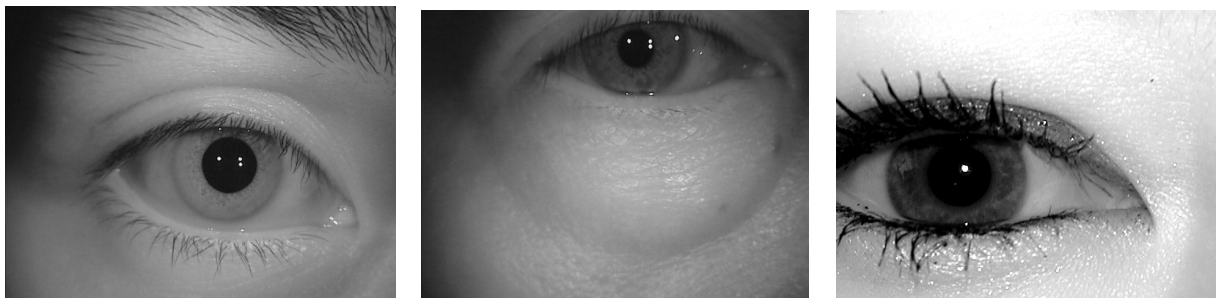
<https://www.researchgate.net/publication/228396639> Detection of iris in image by interrelated maxima of brightness gradient projections

**Автор:** Матвеев И.А.

### Задача 3

**Название:** Поиск века на изображении как параболического контура методом проекций

**Задача:** Дано монохромное растровое изображение глаза, см. примеры.



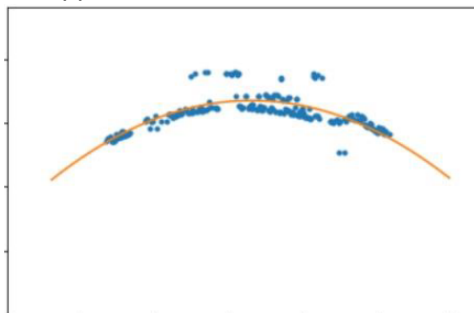
Необходимо найти контур верхнего века как параболу  $y = ax^2 + bx + c$ , то есть определить параметры  $a, b, c$ .

**Данные:** около 200 тыс. изображений глаз. При некоторых (около 2500) экспертом-человеком размечено положение параболы, приближающей веко.

**Базовой алгоритм:** Первый шаг — предобработка изображения фильтром вертикального градиента с дальнейшей бинаризацией, ниже — типичный результат



На следующем шаге возможны различные варианты. Например, если известны координаты зрачка, можно задать область интереса (сверху) и в ней по выделенным точкам построить параболу аппроксимацией методом наименьших квадратов. Пример результата дан ниже



Возможны более тонкие методы, например, поиск параболы преобразованием Хафа (см. в Википедии).

Ещё один способ — использование проективных методов (преобразование Радона). Основная идея: задавшись коэффициентом  $a$ , применить к изображению преобразование координат  $\{x' = x, y' = y - ax^2\}$ , в результате которого все параболы вида  $y = ax^2 + bx + c$  переходят в прямые вида  $y = kx + d$ , далее задавшись коэффициентом  $k$ , применить преобразование координат

$\{x' = x \cos \varphi + y \sin \varphi, y' = x \sin \varphi - y \cos \varphi\}$ , где  $\varphi = \arctg k$ , после чего наклонные прямые вида  $y = kx + d$  переходят в горизонтальные, которые легко определить, например,

горизонтальным проецированием (суммированием значений в строках матрицы полученного изображения. Если коэффициенты  $a, k$  угаданы правильно, парабола, представляющая веко, даст чёткий максимум в проекции. Перебирая  $a, k$  (имеющие физический смысл) можно найти, те, что дают максимальное значение проекции, и считать что таким образом определена искомая парабола — веко.

**Литература:** [Википедия](#), статьи «Преобразование Хафа», «Преобразование Радона».

**Автор:** Матвеев И.А.