

# Устойчивый Метод Выделения Границ Радужки в Видимом Диапазоне

Иван Малин

Факультет прикладной математики и физики  
Московский Авиационный Институт, Москва, Россия  
ivan.malin@gmail.com

## Аннотация

В данной статье предлагается новый алгоритм выделения границ радужной оболочки, устойчивый к ряду помех, типичных для изображений глаза.

Метод основан на анализе градиента изображения с учетом особенностей предметной области. Результаты тестирования на открытых базах изображений

глаза показали высокую эффективность и устойчивость метода.

**Ключевые слова:** Выделение радужки, Биометрия, Отслеживание направления взгляда

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Методы выделения границ радужки на изображении глаза являются актуальным предметом исследования и находят свое применение в большом количестве приложений. В первую очередь это биометрические системы, которые в настоящее время активно развиваются и используются как составные часть систем безопасности. Выделение границ радужной оболочки требуется при получении рисунка радужки, индивидуального для каждого человека, определения цвета глаз и межглазного расстояния. Также положение радужки является важным признаком при построении систем отслеживания направления взгляда и бесконтактных интерфейсов, основанных на движениях глаз. При этом границы между радужкой и белком глаза остаются различимыми даже в условиях низкой освещенности, чего нельзя сказать о границах зрачка.

Таким образом, необходимо иметь эффективный метод выделения радужки на изображении глаза, устойчивый к условиям съемки и качеству полученного изображения. Существует ряд негативных факторов, затрудняющих успешное выделение радужки. Во-первых это общее низкое качество изображения: расфокусировка, шум, недостаточная контрастность. Во-вторых, это помехи, специфичные именно для данной предметной области: блики на роговице, частичное закрытие радужки веками и ресницами, тени от выступающих участков лица. Хороший метод должен успешно справляться с перечисленными помехами.

Следствием актуальности задачи является большое количество работ, посвященных данной проблеме. Так, в работе [6] был проведен обзор и апробация четырех известных методов. В качестве тестовых данных авторы использовали свою тестовую базу UBIRIS. UBIRIS - база данных изображений глаз, полученная в видимом диапазоне. Мотивацией ее авторов было создание тестовой базы изображений, подверженных описанным выше помехам, в отличие от существующих баз CASIA[1] и UPOL. В результате тестирования наилучшее детектирование показал метод Даугмана[2], затем, в порядке убывания процента правильных распознаваний, методы Wildes[7], Masek[4], Liam, Chekila[3]. В последних

трех подходах используется бинаризация контуров[7,4] или самого изображения[3]. Для ее осуществления необходимо задать один или несколько порогов бинаризации, в результате чего качество работы этих методов существенно зависит от правильного подбора параметров. Метод Даугмана является беспараметрическим и показывает хороший результат (93,5% корректных распознаваний на базе UBIRIS v1), однако и он обладает рядом проблем, которые были учтены при разработке предлагаемого метода.

## 2. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕТОД

Общая идея метода заключается в поиске таких параметров окружности (радиуса и координат центра), что направления векторов градиента изображения в каждой точке этой окружности будут максимально близки к направлению радиуса, проведенного к данной точке. То есть, будем искать координаты центра  $(i_0, j_0)$  и радиус  $r_0$ , при которых достигается максимум значений оператора

$$\oint_{O(i_0, j_0, r_0)} \langle N\nabla I(i, j), f(i_0, j_0, i, j) \rangle \cdot w(i_0, j_0, i, j) ds \quad (1)$$

Здесь  $I(i, j)$  – исходное изображение в градациях серого, а  $\nabla I(i, j)$  – его градиент.

$N$  – оператор локальной нормализации, применяемый к градиенту изображения. Мотивацией к его использованию послужил тот факт, что на изображении присутствуют контура, не являющиеся границами радужки, но при этом имеющие более резкий и амплитудный перепад яркости, например, ресницы, брови, блики, края век. Такие контура вносят большой вклад в значение оператора (1) и смещают результирующую окружность, а нормализация контраста позволяет уравновесить их с вкладами, вносимыми пикселями границ радужки.

Для увеличения быстродействия метода использовалась интегральная гистограмма[5]. Данный объект позволяет получить гистограмму любой прямоугольной области изображения за малое константное время. Следует отметить, что операция локальной нормализации контраста градиента изображения не эквивалентна вычислению градиента изображения с локально нормализованным контрастом.

В операторе (1)

$$f(i_0, j_0, i, j) = \left( \frac{i - i_0}{\sqrt{(i - i_0)^2 + (j - j_0)^2}}, \frac{j - j_0}{\sqrt{(i - i_0)^2 + (j - j_0)^2}} \right)$$

является вектор-функцией, значение которой представляет собой вектор единичной длины, направленный из точки  $(i_0, j_0)$  в точку  $(i, j)$ . Иными словами, функция возвращает направление градиента изображения, которое должно быть в данной точке  $(i, j)$ , если через нее проходит окружность с центром в  $(i_0, j_0)$ . В общем случае данной функцией можно задать любую форму искомой фигуры.

Функция  $w$  в операторе (1) является весовой функцией, подключающей априорные данные о модели предметной области. В частности, при оценке положения радужки следует опираться скорее на участки ее границ, располагающиеся слева и справа от центра, нежели на верхний и нижний участки. Во-первых, нижний и верхний края радужки часто бывают закрыты веками и ресницами. Во-вторых, веки и ресницы сами по себе создают значимые контуры, которые не следует учитывать. Также при тестировании описываемого метода был увеличен вес больших окружностей по сравнению с маленькими, чтобы детектировать границы радужки, а не зрачка. Таким образом, весовая функция имеет вид

$$w(r_0, i_0, j_0, i, j) = \frac{r_0}{\sqrt{1 + \frac{|i-i_0|^2}{|j-j_0|^2}}}$$

В результате, предлагаемый оператор (1) учитывает ряд особенностей предметной области, оставленных без внимания в других методах, что позволяет улучшить результаты детектирования.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ МЕТОДА

В качестве тестовых данных были использованы вышеупомянутые базы UBIRISv1 и CASIA-Irisv1 [1]. База UBIRISv1 содержит 1871 изображение глаз, полученное в видимом диапазоне спектра, CASIAv1 – 767 изображений, полученных в диапазоне спектра, близком к инфракрасному. Тестовые базы не содержат эталонной разметки радужки, поэтому решение о корректности локализации границ выносилось на основе экспертной оценки трех специалистов.

В таблице 1 приведено сравнение результатов работы методов. Результаты использования известных методов взяты из работы [6].

| Тестовая база      | UBIRIS | CASIA  |
|--------------------|--------|--------|
| Предлагаемый метод | 99.3 % | 98.2 % |
| Daugman            | 93.5 % | 54.4 % |
| Wildes             | 89.1 % | 86.5 % |
| Masek              | 87.1 % | 83.9 % |
| Liam, Chekima      | 47.9 % | 64.4 % |

Таб. 1: Сравнение результатов работы методов нахождения границ радужки.

На рисунке 1 приведены примеры корректной работы метода на тестовых изображениях. На рисунке 2 приведены примеры ошибок метода. Причиной данных ошибок стали высокая степень перекрытия радужки веками и экстремально низкий контраст изображения.

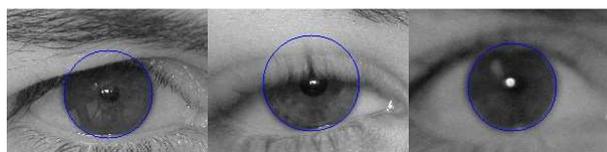


Рис. 1: Примеры корректного детектирования радужки на тестовых изображениях



Рис. 2: Примеры ошибок метода

### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый метод позволяет с большой надежностью получить корректный результат. Метод устойчив к характерным помехам и работает как на изображениях в видимом диапазоне спектра, так и на полученных в близком к инфракрасному диапазону. Важными отличительными особенностями метода являются локальная нормализация градиента изображения и использование весовой функции, учитывающей модель предметной области.

### 5. ССЫЛКИ

- [1] CASIA-IrisV1, <http://biometrics.idealtest.org/>
- [2] John G. Daugman. How Iris Recognition Works, 2004
- [3] Lye Liam, Ali Chekima, Liao Fan, and Jamal Dargham. Iris recognition using self-organizing neural network, 2002
- [4] Libor Masek. Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification, 2003.
- [5] Fatih Porikli. Integral Histogram: A Fast Way to Extract Histograms in Cartesian Spaces, 2005
- [6] Hugo Proença, Luís A. Alex. UBIRIS: A Noisy Iris Image Databas, 2005
- [7] Richard P. Wildes. Iris recognition: an emerging biometric technology, 1997