

---

# Эффективный метод локализации радужной оболочки глаз, основанный на сегментации текстуры

Юсупов Озод Раббимович  
ассистент кафедры «Прикладная математика»  
Самаркандский государственный университет

Yusupov O.R  
assistant  
Samarkand State University  
E-mail: [ozodyusupov@gmail.com](mailto:ozodyusupov@gmail.com)

**Аннотация.** В этой статье предложен алгоритм локализации радужной оболочки, основанный на сегментации текстуры.

**Ключевые слова:** распознавание радужки, биометрия, сегментация текстуры, локализация радужной оболочки, обнаружение века.

**Abstract.** In this article, we propose algorithm localization iris segmentation based on texture.

**Keywords:** Iris recognition, biometrics, texture segmentation, iris localization, eyelid detection.

В современном мире чрезвычайно остро стоит проблема защиты информации. На сегодняшний день использование парольной системы идентификации уже не удовлетворяет требованиям безопасности. Чтобы обеспечить достаточный уровень безопасности, пароль должен быть сложным. Сложность пароля обеспечивается совместным использованием букв (как строчных, так и прописных), цифр и знаков и его длиной. Причём для каждого информационного ресурса рекомендуется создавать свой пароль. Очень часто это приводит к тому, что пользователь попросту забывает такой пароль, и для его восстановления необходимо идентифицировать человека, обратившегося в службу поддержки. Также парольные системы идентификации никак не защищены от использования паролей третьими лицами для несанкционированного доступа. Чтобы удовлетворить все растущие потребности в повышении уровня безопасности информации, все чаще для идентификации личности используются методы биометрии. При биометрической аутентификации используются уникальные характеристики отдельно взятого человека. Это могут быть как врождённые, так и приобретённые характеристики (почерк, голос или походка). Идентификация по радужной оболочке глаза является одним из наиболее точных и надёжных способов биометрической идентификации. С точки зрения применения в информационных системах, одним из наиболее перспективных способов идентификации пользователя является идентификация по радужной оболочке глаза.

Несмотря на то, что эти исследования проводятся сравнительно недавно, уже разработаны надежные и устойчивые методы, равно как и программно-аппаратные комплексы автоматического распознавания [1,4-7]. Даугман [4-5] построил систему распознавания в 1993 году и точность ее для идентификации составляет примерно до 100%. Wildes и др. [6-7] разработали устройство для захвата изображения радужной оболочки на расстоянии и способ супер-разрешения, которые были использованы для получения четкого изображения. В работе [2] Вае и др. предложили выделять информативные признаки радужной оболочки методом анализа независимых компонент, т.е. методом разложения функции интенсивности радужной оболочки в ряд по статистически независимым функциям. Коэффициенты разложения квантуются в зависимости от знака коэффициента и при сравнении радужных оболочек происходит сопоставление бинарных

коэффициентов с помощью расстояния Хэмминга. Похожий метод предложен Wang и др. в работе [8]. Однако, мерой близости изображений в работе [8] считается евклидово расстояние между коэффициентами разложений.

В реальных системах, условия меняются и мы должны повысить надежность систем. Локализация радужной оболочки имеет решающее значение для производительности, а также точности и скорости системы распознавания радужной оболочки. Поскольку радужка это кольцевая часть между зрачком и склерой, поэтому границы радужной оболочки глаза можно смоделировать в виде двух не концентрических окружностей и веки как две параболические кривые.

Даугман [5] использует интегро-дифференциальный оператор для локализации радужной оболочки:

$$\max_{(x,y,r)} \left| G_r(r) * \frac{\partial}{\partial r} \int_{\text{окр}(x,y,r)} \frac{f(x,y)}{2\pi} ds \right| \quad (1)$$

где,  $G_r(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{r^2}{2}}$  является сглаживающим оператором и  $\int_{\text{окр}(x,y,r)} \frac{f(x,y)}{2\pi} ds$  - интеграл по окружности с центром в точке  $(x,y)$  и с радиусом  $r$ . Метод позволяют найти положение окружности в 3D-пространстве. При обнаружении веки, он просто изменил интегральный путь от окружности к параболической кривой. Поиск осуществляется в пространстве 4D.

В работе [6] Wildes использована двухступенчатый метод для локализации радужной оболочки и обнаружение края с последующим преобразованием Хока. Метод является точным, однако, он должен фильтровать многих шумов и заранее знать положение склера.

Другой метод Wildes заключается в оптимизации последовательного измерения [11]:

$$\sum_{s=1}^* \left( (n-1) \|g_{s,r}\| - \left( \sum_{s=2}^* \|g_{s,r} - g_{s-1,r}\| \right) - g_{s,r} / \delta \right) \quad (2)$$

где  $g_{s,r}$  выступает как градиента в точке  $(\theta,r)$  в нормализованном изображении. Метод требуют много времени, поскольку он выполняет поиск всех кандидатов и итерацию процесса поиска.

Тем не менее, работы посвященные по локализации века глаза мало. Даугман и Wildes представили свои алгоритмы, чтобы локализовать веки на короткое время. Даугман использовал метод, аналогичный уравнению (1) и только изменил интегральную кривую от окружности к параболической кривой. Wildes до сих пор использовал двух-шагового метода локализации веки и только дал некоторые ограничения, чтобы получить истинные краевые точки. Тем не менее, никаких подробностей не приведены на алгоритмах и их производительности.

Как мы уже упоминали выше, что предварительную обработку, особенно локализация радужной оболочки глаза очень важна для системы распознавания радужной оболочки глаза. Мы хотим, найти видимую часть радужной оболочки, чтобы получить вектор признаков, поэтому локализация радужной оболочки включает в себя не только найти местонахождение внутренней и внешней круговой границы радужной оболочки, но и обнаруживать веки. Однако обнаружение века достаточно сложно из-за низкого SNR (отношение сигнал-шум) в верхней части века. Мы выбрали следующие схемы для локализации радужной оболочки глаза: сегментации зрачка, граничной локализации и обнаружение последней веки. Схема выбрана таким образом, чтобы край зрачок

был наиболее ярко в нашей радужной оболочке глаза и изображение относительно легко быть локализована. Поскольку зрачок это черная область глаза с низкой частотой, поэтому разложим исходное изображение с помощью преобразования вейвлет Хаара. Поскольку он имеет нулевую фазу и незначительное смещение, когда он используется для локализации зрачков. При вычислении параметров окружностей, мы используем модифицированное преобразование Хока для повышения скорости. Случайным образом выбираются три точки края и находятся координаты центра и радиус окружности в соответствии с уравнением

$$(x_1 - a)^2 + (y_1 - b)^2 = r^2 \quad (3)$$

Внешняя граница радужки локализуется с интегро-дифференциальным оператором. Дифференциальный оператор определен в виде

$$f'(i) = f(i+1) + f(i+2) - f(i-1) - f(i-2) \quad (4)$$

и он может улучшить контраст внешней границы радужной оболочки. Если положение зрачка  $(x_r, y_r, r)$  в искомом пространстве от внешней границы ограничена, то  $(x_r - x_1, y_r, r + r_1) \approx (x_r + x_2, y_r, r + r_2)$ .

Из рис.1(a) мы можем найти, что край верхнего века загрязняет ресниц, следовательно, локализация верхнего века затруднено из-за низкого SNR. Так что традиционные методы, которые сочетают обнаружение края с помощью преобразования Хафа не очень эффективны без некоторых ограничений и интегро-дифференциальный оператор требует высокую скорость вычислений, так как он должен искать параметры в 3D-пространстве. Учитывая вышеупомянутые две точки, локализация радужной оболочки на основе сегментации текстуры принимается, потому что мы хотим использовать не только серую информацию но и информации текстуры. Метод, предложенный в данной работе использует свойства частоты для сегмента ресниц. Это позволяет избежать многих ложных точек, потому что она принимает локальное свойство текстуры. Наш алгоритм может быть описан следующим образом:

### ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

- 1) Для сегмента ресниц вычислить энергию высокого спектра в каждой области. Если частота достаточно высока, то его можно рассматривать как ресница области.
- 2) Использовать информацию о положении зрачка сегмента верхней ресниц.
- 3) Установить ресничку с дугами параболы  $y = ax^2 + bx + c$ .

Если мы получим точки в области наращивания ресниц, то он выглядит следующим образом:  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$ .

Параметры параболы определяются из уравнений:

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T F \quad (5)$$

где  $A = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_N^2 & x_N & 1 \end{bmatrix}$  и  $F = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_N \end{bmatrix}$

4) Чтобы получить конечный результат необходимо поиск  $(a, b, c)$  в окрестности области параболической дуги.

Пусть  $curve(c) = ax^2 + bx + c - y = 0$  и  $c_0 = \arg \max_{c \in [a, b, c]} \left| \frac{\partial}{\partial c} \int_{curve(c)} I(x, y) dx \right|$  является кластером параболической дуги с переменным параметром  $c$ , тогда  $(a, b, c_0)$  является истинными положениями верхнего века.

5) Точными параметрами параболической дуги является  $(a, b, c_0)$ .

Сегментация нижнего века осуществлялась с помощью гистограммы исходного изображения. Порог определяется путем вычисления среднее и дисперсии серого значения пикселей в радужной оболочке глаза. Мы выбирали верхние точки нижнего века под зрачок, чтобы искать край нижнего века в соответствии со следующими шагами

- 1) Сегментация области нижней века;
- 2) Расчет краевых точек нижнего века;
- 3) Установка нижнего века с точками, полученными на шаге 2;
- 4) Поиск окончательного результата в поле окрестности.

Шаги (3) и (4), соответственно аналогичны шагам (4) и (5) в алгоритме обнаружения верхнего века.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА.** Для сравнения нет никаких общих база данных, поэтому нами использовалась база данных Casia[9]. Эксперименты проводились в среде системы компьютерной алгебры MATLAB (версия 6.1). В таблице 1 приведены результаты точности локализации внешней и внутренней границы радужной оболочки глаза. На рис.1 приведены результаты квантованных разложений. Последний результат показан на рис.1(б). Эта стратегия может фильтровать многих шумов, таких как ресницы.

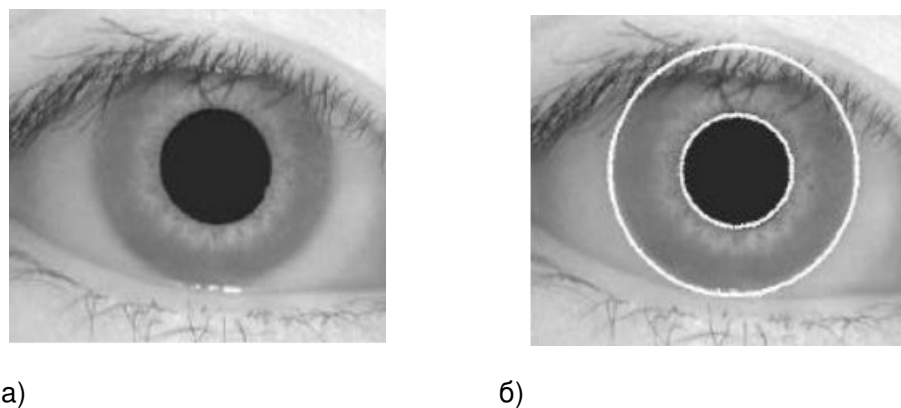


Рис.1. Результаты локализации века: а) исходное изображения; б) внешние и внутренние круговые границы.

Таблица 1. Результаты точности локализации внешней и внутренней границы

Точность	Среднее время	Мин . Время	Макс. Время
99,34 %	0.2426с	0.1870с	0.3290с

В таблице 2 приведена точность результатов по наблюдаемыми глазами и на рис. 2 приведены результаты сегментации века.

Таблица 2. Результаты локализации верхнего века

Точность	Среднее время	Мин . Время	Макс. Время
97,35 %	0.1827с	0.1090с	0.2810с

Результаты точности обнаружения нижнего века приведены в таблице 3 и сегментация зоны нижнего века показана на рис. 2(б, в) и результаты локализация нижнего века показаны на рис. 2(д).

Таблица 3. Результаты точности обнаружения нижнего века

Точность	Среднее время	Мин . Время	Макс. Время
93,39 %	0.7700с	0.1710с	1.7030с

Теоретические анализы скорости и надежности предложенного метода заключаются в следующем: 1) метод локализации позволяет в полной мере использовать локальную информацию, чтобы уменьшить влияние помех; 2) для обнаружения зрачок используется аппроксимация окружности, которая является решением уравнений параметров. Метод не то же самое, как преобразование вейвлета и может уменьшить вычислительные затраты значительно; 3) для того, чтобы улучшить контраст изображения радужной оболочки глаза при локализации внешней границы принято дифференциальный оператор высокого порядка. Кроме того, пространство поиска сокращается с 3D в 2D, следовательно, алгоритм очень быстрый и может избежать локального максимума; 4) обнаружение верхнего века основана на частотных характеристиках ресниц и оно не зависит от освещенности. И пространство поиска сокращается с 3D в пространстве 1D, так что метод является быстрым и надежным.



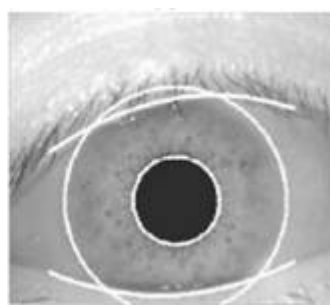
а)



б)



а)



б)

**Рис.2.** Результаты локализации века: а) результаты сегментации века; б) результаты сегментации нижнего века; в) результаты сегментации край нижнего века; д) результаты

**ВЫВОДЫ.** Экспериментальные результаты показали перспективность, производительность и надежность предложенного метода. Метод очень быстрый и полезный в режиме реального времени системы распознавания радужной оболочки.

**Литература:**

1. Юсупов О.Р. Биометрические системы идентификации личности по радужной оболочке глаза// Научный вестник СамГУ.-Самарканд, 2016, №1(95), 61-67 с.
2. Bae K., Noh S., Kim J. Iris feature extraction using independent component analysis //Proceedings of the 4-th International Conference on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication. – 2003. – Pp. 838-844.
3. A.K.Jain, R.M.Bolle and S.Pankanti, Eds., Biometrics: Personal Identification in a Networked Society. Norwell, MA: Kluwer, 1999.
4. J.Daugman, “High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence”, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No.11, pp.1148-1161, 1993.
5. J.Daugman, “Statistical Richness of Visual Phase Information: Update on Recognizing Persons by Iris Patterns”, International Journal of Computer Vision, Vol.45(1),pp.25-38, 2001.
6. R.Wildes, J.Asmuth, et al., “A Machine-vision System for Iris Recognition”, Machine Vision and Applications, Vol.9, pp.1-8, 1996.
7. R.Wildes, “Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology”, Proceedings of the IEEE, Vol.85, pp.1348-1363, 1997.
8. Wang Y., Han J. Q. Iris recognition using independent component analysis //Proceedings of the International Conference on Machine Learning and Cybernetics. – 2005. – Vol. 7. – Pp.4487-4492.
69. Estudillo-Rome