

Метод определения положения век на изображении при распознавании человека по радужной оболочке глаза с мобильного устройства

Г. А. Одиноких^{1,2}, В. С. Гнатюк^{1,2}, М. В. Коробкин^{1,2}, В. А. Еремеев^{1,2}
g.odinokikh@gmail.com; vitgracer@gmail.com; mikhail.korobkin@hotmail.com

¹ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, 44/2

²Национальный исследовательский университет МИЭТ

Россия, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1

При распознавании человека по радужке информация о положении век на изображении используется для удаления шума от век и ресниц, перекрывающих полезную область радужки, оценки качества изображения и многих других целей. Определение положения век, как правило, производится после вычислительно сложной операции нахождения границ радужки и склеры. В случае использования для распознавания мобильного устройства такой подход не всегда оправдан ввиду, в частности, ограниченной производительности устройства, сложностей взаимодействия пользователя с устройством и сильно изменяющихся внешних условий окружающей среды. В данном случае информация о положении век может быть извлечена сразу после этапа детектирования зрачка и использована для определения пригодности изображения для последующих более сложных этапов алгоритма распознавания. Предложен метод определения положения век на изображении с целью оценки качества изображения и последующего определения границы радужки и века. Производительность метода была оценена в сравнении с несколькими существующими решениями с использованием четырех различных открытых баз данных изображений радужек.

Ключевые слова: оценка качества изображения; мобильная биометрия; распознавание по радужке

DOI: 10.21469/22233792.2.4.06

1 Введение

Биометрические технологии идентификации личности хорошо зарекомендовали себя при использовании в различных сферах человеческой деятельности, в частности в системах контроля и управления доступом. Такая тенденция связана с постоянным повышением требований к уровню безопасности и удобству при проведении аутентификации пользователя. Одним из ярких примеров, на сегодняшний день, является применение биометрических технологий в мобильных устройствах, в частности при проведении платежных операций и ограничении доступа к персональным данным пользователя устройства. Здесь методы биометрической аутентификации рассматриваются как достойный кандидат, проходящий на смену традиционным, таким как пароли, смарт-карты, ПИН-коды и т. д. Биометрические технологии, использующие изображение радужной оболочки глаза в качестве биометрического признака, обладают рядом преимуществ по сравнению с остальными [1–3], что делает их особенно привлекательными для использования в мобильных устройствах.

Использование биометрической системы в мобильном устройстве подразумевает ее способность обрабатывать биометрические данные в условиях постоянно изменяющейся окружающей среды и удобство взаимодействия с пользователем. Изменение условий

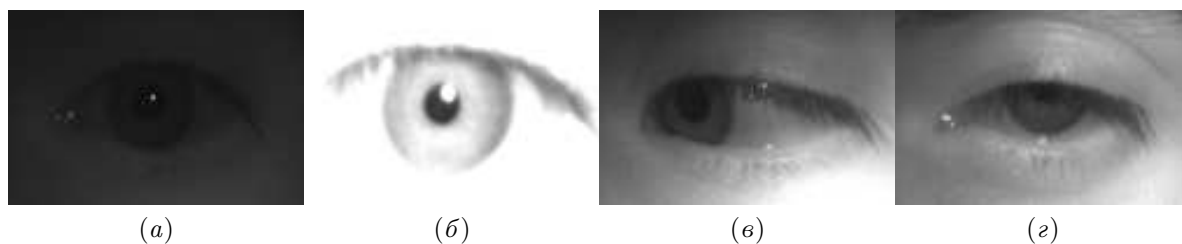


Рис. 1 Примеры изображений радужной оболочки глаза, полученные с мобильного устройства: (а) низкая освещенность; (б) переэкспонирование; (в) отвод взгляда; (г) затенение веком и ресницами

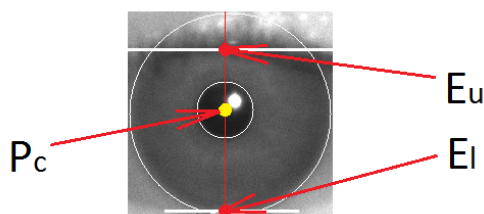


Рис. 2 Определение положения века: E_u и E_l — точки, соответствующие положениям верхнего и нижнего век; P_c — центр зрачка

среды влечет за собой значительное ухудшение качества входных биометрических данных (изображения, в случае с радужкой) и, как следствие, оказывают сильное влияние на производительность системы распознавания [4]. На ухудшение качества изображения также оказывают сильное влияние и сложности взаимодействия с пользователем, например частое моргание, дрожание рук, отвод взгляда и т. д. Некоторые примеры изображений радужки, полученные с мобильного устройства, представлены на рис. 1. Помимо вышеперечисленного система должна обеспечивать распознавание в режиме реального времени на устройстве с ограниченными вычислительными ресурсами и объемом памяти.

В данной работе предлагается метод определения положения века на изображении при распознавании человека по радужной оболочке глаза. Положение каждого века определяется как минимальное расстояние от границы века до центра зрачка (рис. 2).

Значения E_u и E_l могут быть использованы для оценки качества входящего биометрического образца, в частности степени открытости глаза. На первом этапе эта информация может быть использована для построения классификатора либо решающего правила об отсеивании образца, непригодного для распознавания, а также для предоставления обратной связи с пользователем (отображения подсказки). В том случае если образец был классифицирован как пригодный для дальнейшей обработки, значения E_u и E_l могут быть использованы на дальнейших этапах распознавания, таких как определение границ радужка–склера, радужка–веко, а также на этапе выделения ресниц.

Большинство существующих методов рассматривают процедуру одновременного определения полной границы века либо границы радужка–веко, и ни один из них не рассматривает обработку в два этапа, как предлагается в данной работе. Поэтому для сравнения с существующими методами, точки E_u и E_l для них были восстановлены сразу после нахождения полной границы век.

Предлагаемый в работе метод позволяет с высокой точностью определять положение век на изображении сразу после этапа нахождения зрачка. Метод обладает высокой

устойчивостью и скоростью обработки и, таким образом, может быть применим в системах распознавания по радужке на мобильном устройстве.

2 Обзор существующих методов

В алгоритмах распознавания человека по радужке этап определения положения век обычно следует за этапом определения границы радужка–склера [1, 5–8] либо после этапа нормализации радужки (рис. 3) [9]. Оба этих этапа требуют дополнительных вычислений. В данной работе рассматриваются только те из методов, которые предусматривают детектирование век после определения положения зрачка или радужки.

Структура алгоритма детектирования век на изображении может быть поделена на две основные части: предобработка изображения и локализация век. Зачастую исследователи в своих работах предлагают лишь одну из частей, а в качестве второй берут существующий подход. В данной работе произведена оценка существующих комбинаций предобработка–локализация, а также нескольких возможных комбинаций, ранее не описанных в литературе. Существующие методы и комбинации, продемонстрировавшие наилучшие результаты по точности детектирования век, рассмотрены в сравнении с предложенным методом.

Для нахождения границы века Дж. Дугман предложил сглаживание изображения с использованием фильтра Гаусса и применение интегродифференциального оператора (IDO) [1] для поиска параболических кривых. Уайлдс в своей работе [10] предложил выделение границ на изображении в качестве первого шага и преобразование Хо для последующей локализации века. Масек предложил разделять области радужки и века горизонтальными прямыми [11]. Положение прямых вдоль вертикальной оси определялось в соответствии со значением максимального отклика после свертки исходного изображения с фильтром Собела в регионе поиска. Такую же свертку использовали в своей работе Канг и Парк [12], дополнив ее IDO для уточнения. Сианде и др. в своей работе [6] предложили использование одномерного фильтра пиковой формы для удаления шума от ресниц на изображении и IDO для параболических кривых для локализации. Адам и др. в работах [5, 13] применили анизотропную диффузию для подавления шума, фильтр Собела для выделения границ, а затем преобразование Хо для параболических кривых. Янг и др. предложили использовать асимметричный оператор Кэнни для выделения границ века и аппроксимацию параболической кривой методом наименьших квадратов для локализации [14]. Ким и др. использовали информацию о положении век на изображении для определения направления взгляда [15], применив для этого выравнивание гистограммы в качестве предобработки и поиск локального минимума для определения положения века. Хе и др. предложили использование одномерного нелинейного ранг-фильтра для удаления шума от ресниц и статистическую модель кривизны века для локализации [16].

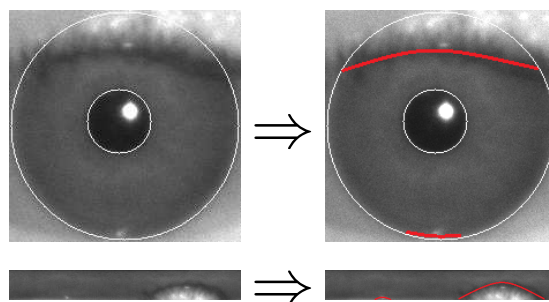


Рис. 3 Этапы определения положения век

Почти все вышеупомянутые методы были предложены и протестированы их авторами исключительно на базах данных изображений, полученных не с помощью мобильного устройства, и, таким образом, не предусматривают возможность устойчивой работы в постоянно изменяющихся условиях окружения, упомянутых ранее.

3 Определение положения век на изображении

В данной работе предложен метод определения положения век на изображении для применения его, в частности, в задачах биометрического распознавания человека по радужной оболочке глаза. Информация о положении век может быть использована для оценки степени открытости глаза, а также на последующих этапах локализации границ века, радужки и при поиске ресниц. Оценка степени открытости глаза производится сразу после этапа детектирования зрачка на изображении. Предложенный метод основан на применении многонаправленного двумерного (2D) фильтра Габора и одномерного (1D) выборочного извлечения границ в качестве этапа предобработки, а также метода скользящего окна для детектирования положения века (локализации) (рис. 4)



Рис. 4 Алгоритм детектирования век на изображении

Свертка с ядром 2D фильтра Габора в качестве метода предобработки и его параметры были выбраны из следующих соображений: граница радужка–веко представляет собой кривую, разделяющую две области различной интенсивности; область границы также часто характеризуется наличием тени от века, которая становится все более различимой с повышением уровня освещенности в помещении; параметры фильтра были подобраны таким образом, чтобы подчеркнуть границу радужка–веко, используя как информацию о самой границе, так и информацию о тени от века; ориентация θ и количество ядер свертки были выбраны с учетом возможной ориентации века, формы века, а также шума, вызванного ресницами и тенями от ресниц. Метод одномерного выборочного извлечения границ использовался для подавления шума, вызванного иными различными текстурами области века: складки кожи, ориентированные горизонтально ресницы и т. п. Совокупность использованных методов делает предложенное решение устойчивым к изменениям окружающей среды и позволяет с высокой точностью определять положение век даже в сложных случаях, связанных с особенностями поведения пользователя.

В соответствии с диаграммой (см. рис. 4) предлагаемый алгоритм может быть представлен в более наглядной форме (рис. 5).

3.1 Этап предобработки изображения

В качестве входных данных для алгоритма используются данные о зрачке: координаты его центра X_p и Y_p и значение радиуса R_p . Параметры области интереса определены

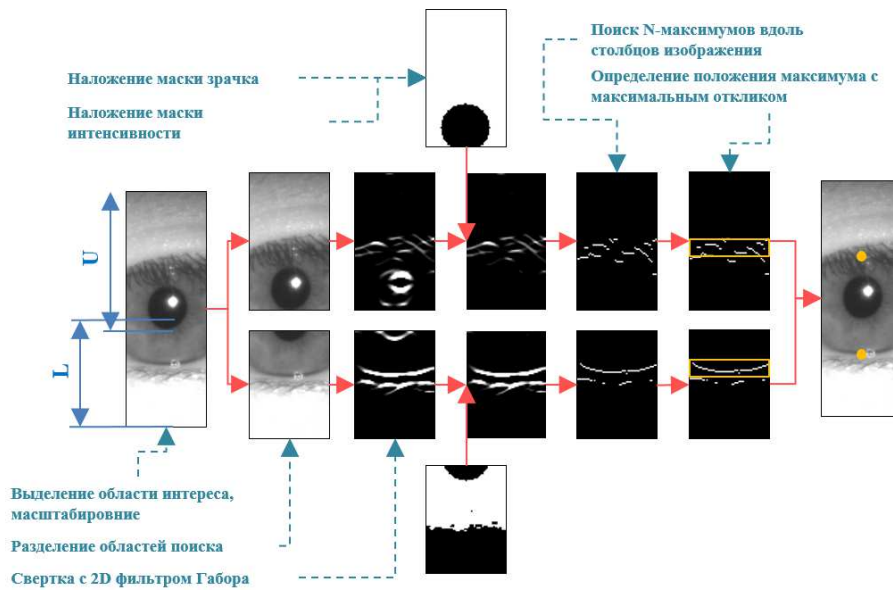


Рис. 5 Алгоритм детектирования век на изображении

следующим образом: $\text{width} = n_W R_p$; $\text{height} = n_H R_p$, где n_W и n_H — константы, определяющие ширину и высоту изображения региона интереса соответственно. В данной работе были выбраны значения $n_W = 4$ и $n_H = 12$; таким образом, $n_H/n_W = 3$. Данные значения были подобраны экспериментально и позволяют учитывать отклонение положения века от закрытого до полностью открытого состояния, а также ограничивать область поиска по горизонтали. Несмотря на то что радиус зрачка может значительно изменяться в зависимости от множества факторов, данный подход продемонстрировал высокую точность определения положения века (см. табл. 1 и 2 в разд. 4) для всех баз данных, использованных при тестировании.

После выделения области интереса над изображением осуществляется операция масштабирования с коэффициентом 0,5. Масштабирование осуществляется исключительно в целях ускорения обработки данных. Экспериментально показано, что данное значение коэффициента является достаточным для обеспечения высокой скорости обработки данных без деградации точности детектирования.

Следующим этапом предобработки является разделение изображения на две области: верхнего и нижнего века соответственно. Разделение производится с использованием следующих правил: $U \in (0, Y_p + R_p)$ и $L \in (Y_p + R_p/2, Y_{\max})$, как представлено на рис. 5, где 0 соответствует первой, а Y_{\max} равен числу строк изображения.

Далее для каждого из изображений производится операция свертки с ядром двумерной функции Габора вида:

$$g(x, y, \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(-i\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \psi\right)\right).$$

Здесь

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta; \quad y' = -x \sin \theta + y \cos \theta;$$

$\lambda, \theta, \psi, \sigma$ и γ — длина волны, ориентация, значение фазы, величина стандартного отклонения Гауссова ядра и коэффициент сжатия Гауссова ядра соответственно.

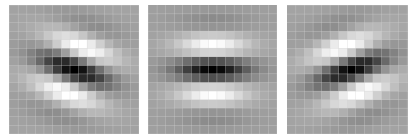


Рис. 6 Габоровские ядра различных ориентаций (θ_n)

Свертка с фильтром Габора производится для обоих изображений (верхнего и нижнего век) для N_o различных ориентаций (θ_n). В данной работе $N_o = 3$ и ориентации для изображений верхнего и нижнего век (град) соответственно равны: $\theta_{1\dots N}^{\text{Upper}} = 250,0, 270,0$ и $290,0$ и $\theta_{1\dots N}^{\text{Lower}} = 70,0, 90,0$ и $110,0$.

Приведенные выше ориентации были также получены экспериментально, так как с их использованием достигнута наивысшая точность детектирования. Над каждым из изображений век $I(x, y)$ осуществляется операция свертки с заданным ядром:

$$I'(x, y) = I(x, y) \otimes g'(i, j).$$

Ядро $g'(i, j)$ является скомбинированным из N ядер фильтра Габора различных ориентаций θ_n соответственно:

$$g'(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N g(i, j, \theta_n).$$

Примеры ядер различных ориентаций θ_n , использованных для свертки, представлены на рис. 6. Изображения $I'(x, y)$, полученные после свертки, представлены на схеме (см. рис. 5).

В соответствии со схемой (см. рис. 5) на следующем шаге производится наложение маски $M(x, y)$, скомбинированной из двух: маски зрачка $M_p(x, y)$ и маски интенсивности $M_I(x, y)$. Маска может быть получена следующим образом:

$$M(x, y) = M_p(x, y) \wedge M_I(x, y).$$

Маска зрачка $M_p(x, y)$ определяет область зрачка на изображении, а маска интенсивности $M_I(x, y)$ — переэкспонированную область изображения:

$$M_I(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{если } I_s(x, y) < 240; \\ 0 & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $I_s(x, y)$ — результат применения к исходному изображению века $I(x, y)$ фильтра Гаусса. Параметры ядра: $\text{size} = 3 \times 3, \sigma = 1,0$. Над комбинированной маской $M(x, y)$ также производится операция дилатации на величину, равную половине размера ядра Гауссиана.

Последним этапом предобработки является извлечение карты границ. Извлечение производится посредством поиска N_p максимальных значений градиента вдоль каждого из столбцов изображения $I'(x, y)$ в направлении от нижней до верхней границы для изображения верхнего века и в обратном направлении для изображения нижнего века (см. рис. 5). В данной работе $N_p = 2$, а размер окна для вычисления градиента равен 3.

3.2 Этап локализации век

Для определения положения век использован метод скользящего окна (см. рис. 5). Функция отклика отражает зависимость координаты центра окна от количества точек границ, попадающих внутрь окна, вдоль вертикальной оси.

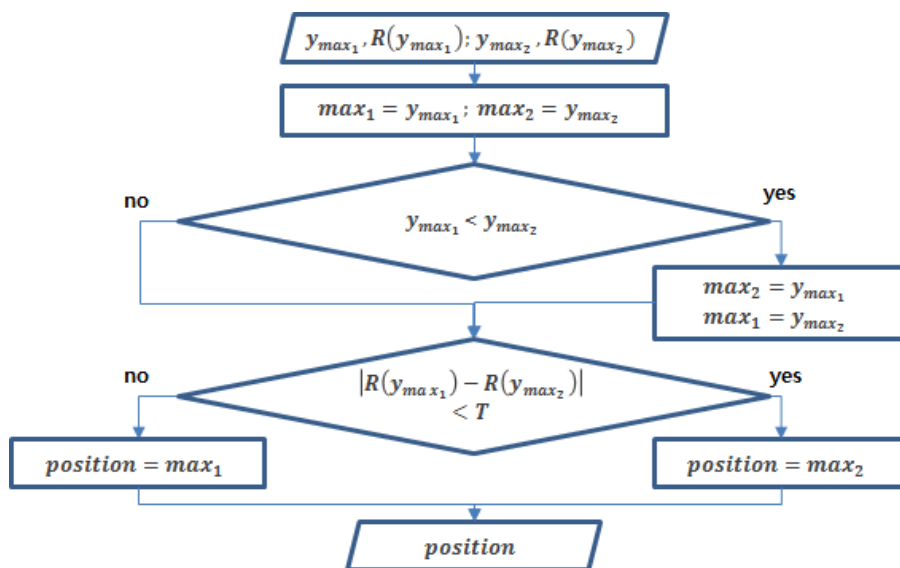


Рис. 7 Решающее правило для точек кандидатов (T — значение порога; в данной работе выбрано $T = R(y_{\max 1})/3$)



Рис. 8 Определение положения века внутри окна

Далее два положения окна ($y_{\max 1}, y_{\max 2}$), соответствующие максимальным значениям функции отклика $R(y)$, используются в качестве кандидатов. Для выбора между ними применяется решающее правило вида (рис. 7).

Подход с использованием двух максимумов ($N_p = 2$) в совокупности с применением решающего правила (см. рис. 7) для двух точек-кандидатов позволил значительно уменьшить количество ошибок детектирования, вызванных различными шумовыми факторами: ресницами, складками кожи, дужками очков и др.

После того как финальное положение окна выбрано, определение положения века осуществляется внутри него. Как изображено на рис. 8, положение века соответствует положению точки границы, оказавшейся внутри окна, максимально удаленной от центра зрачка.

4 Экспериментальные результаты

4.1 Точность детектирования

В целях демонстрации производительности предлагаемого метода были реализованы более 10 различных существующих методов. Однако, для сравнения использовались лишь те из них, которые показали наилучшие результаты по точности детектирования. Все методы протестированы на четырех разных базах данных: CASIA-IrisV4-Thousand [17],

Таблица 1 Точность определения E_u — верхнего века (%), $\xi^{\text{adm}} = 5\%$

База данных	MIR	CS4	CS3	APX	AVG
Дугман [1]	76	70	83	84	74,4
Уайлдс [10]	80	83	92	74	80,6
Масек [11]	50	70	90	93	72,6
Канг и Парк [12]	86	89	90	88	86,0
Сианде и др. [6]	56	92	95	94	83,2
Адам и др. [5]	80	83	91	78	81,2
Янг и др. [14]	55	83	78	90	72,4
Ким и др. [15]	89	89	99	98	89,0
Хе и др. [16]	80	83	92	74	80,6
2DGF+IDO	93	90	95	91	92,3
Предложенный метод	98	97	97	91	94,8

Таблица 2 Точность определения E_l — нижнего века (%), $\xi^{\text{adm}} = 5\%$

База данных	MIR	CS4	CS3	APX	AVG
Дугман [1]	88	86	95	94	90,8
Уайлдс [10]	87	78	92	92	87,3
Масек [11]	40	65	86	95	71,5
Канг и Парк [12]	96	88	95	94	93,3
Сианде и др. [6]	77	87	87	92	85,8
Адам и др. [5]	87	79	93	95	88,5
Янг и др. [14]	12	28	34	72	36,5
Ким и др. [15]	30	50	22	32	33,5
Хе и др. [16]	87	78	92	92	87,3
2DGF+IDO	97	86	92	96	92,8
Предложенный метод	99	94	96	94	95,8

CASIA-IrisV3-Lamp [18], АОПТИХ [19] и MIR2016 (Train) — база данных, полученная при помощи бильного устройства [20]. В целях компактного представления результатов эксперимента, в табл. 1 и 2 для баз данных использовались сокращенные обозначения CS4, CS3, APX и MIR соответственно. Для оценки результатов по точности детектирования более 500 изображений для каждой из баз данных были размечены вручную экспертом. Маркировка производилась для изображений, соответствующим области интереса после масштабирования (см. рис. 5). Для каждого из изображений размечались y -координаты точек E_u и E_l (см. рис. 2).

Точность детектирования век определялась для различных значений допустимой ошибки. Выбор такого метода оценивания оправдан в случае, когда необходимо достижение определенного уровня точности для заданного абсолютного значения допустимой ошибки детектирования. Точность определения положения век при распознавании человека по радужке играет существенную роль, в частности в связи с тем, что некоторые последующие этапы алгоритма распознавания используют информацию о положении век.

Точность детектирования оценивалась для трех различных значений допустимой ошибки: ξ_j^{adm} .

$$\xi_{1\dots N_e}^{\text{adm}} = \{5\%, 10\%, 15\%\}.$$

Относительная ошибка ε_j для каждого ξ_j^{adm} и для каждой из баз данных вычислена как мощность множества изображений, для которых ошибка детектирования (в пикселах) превышает пороговое значение допустимой ошибки ξ_j^{adm} :

$$\varepsilon_j = \frac{1}{N} \left| \left\{ \forall i : d_i > \xi_j^{\text{adm}} * \text{height} \right\} \right|,$$

где

$$d_i = |E(x, y_A)_i - E(x, y_M)_i|;$$

$E(x, y_A)_i$ и $E(x, y_M)_i$ — положения век, олученные по результатам применения алгоритма (A) и размеченные вручную (M) для i -го изображения каждой из баз данных; height — высота изображения, соответствующего региону интереса (до масштабирования) в пикселах; N — количество изображений в базе данных.

В целях демонстрации устойчивости метода для различных условий, а также компактного представления результатов значение точности усреднялось для всех баз данных:

$$\text{AVG}_{\xi_j^{\text{adm}}} = \frac{100\%}{N_D} \sum_{i=1}^{N_D} (1,0 - \varepsilon_j^i), \tag{1}$$

где i — индекс базы данных; N_D — количество использованных баз данных ($N_D = 4$).

Зависимости между значениями AVG и ξ_j^{adm} для различных методов для верхнего и нижнего век получены в соответствии с (1) и представлены на рис. 9. В дополнение к существующим методам оценка была также произведена для некоторых комбинаций предобработка–локализация, ранее не описанных в литературе. В табл. 1 и 2 представлена детальная информация по точности методов, полученная описанным выше способом (1) для различных баз данных, для значения допустимой ошибки $\xi^{\text{adm}} = 5\%$.

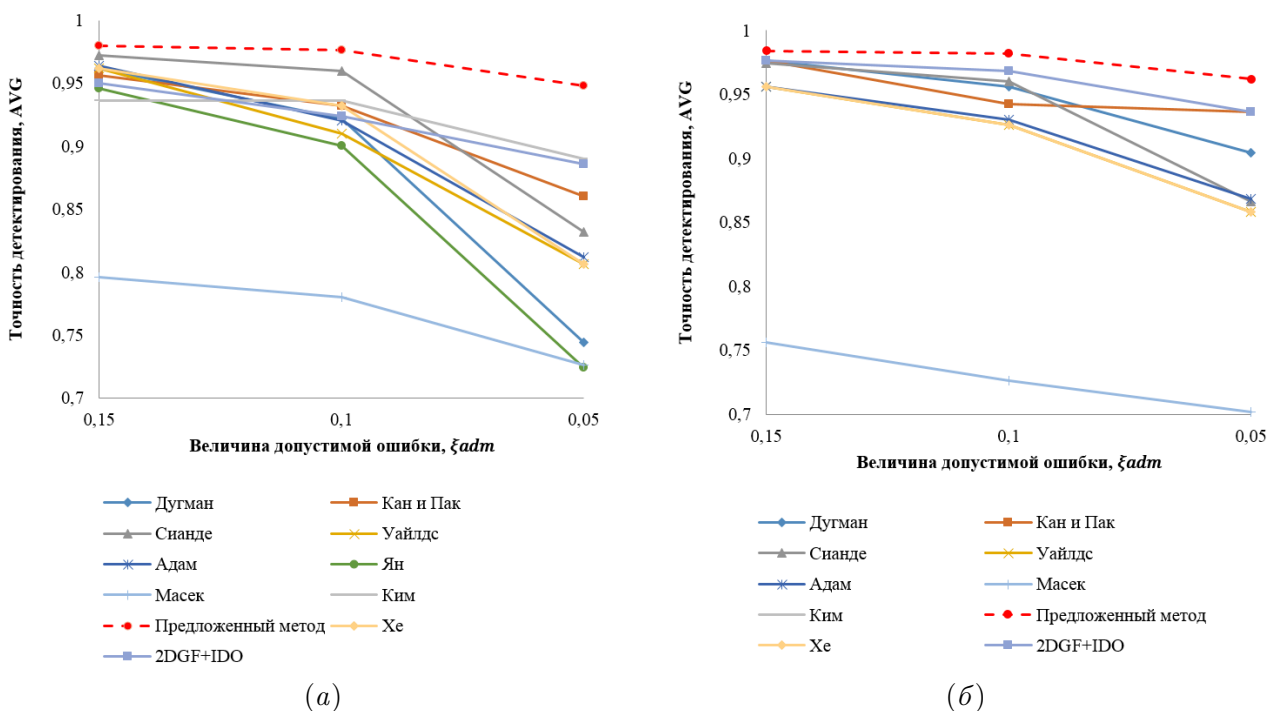


Рис. 9 Точность определения E_u (a) и E_l (б)

Методы, показавшие наилучшие результаты по точности детектирования, представлены на рис. 9. Также на графиках (см. рис. 9) показаны результаты для метода, представляющего собой комбинацию многонаправленной Габоровской фильтрации в качестве предобработки изображения и интегродифференциальный оператор Дугмана для локализации века (метод обозначен как 2DGF+IDO).

4.2 Скорость обработки

Оценка по скорости обработки предлагаемого метода получена при помощи мобильного устройства Samsung Galaxy Tab Pro 8.4, Snapdragon 800 CPU (2.26 GHz Quad-core). Время выполнения оценивалось как разница между этапом получения данных о зрачке (X_p, Y_p и R_p) и получением значений E_u и E_l . Измерения проводились на одном ядре устройства. Полное время выполнения составило 1,5–4 мс, что говорит о возможности использования метода в режиме реального времени на мобильном устройстве. Измерения не производились для остальных методов, так как это потребовало бы их дополнительной оптимизации и не гарантировало бы достижение результатов, сопоставимых с результатами авторов.

5 Заключение

В работе предложен метод определения положения века в применении к решению задачи распознавания человека по радужной оболочке глаза. В отличие от существующих методов, использующих информацию о границе радужка–склера в качестве входной, а также производящих поиск полной границы между радужкой и веком, предложенный метод может быть использован для быстрой оценки степени открытости глаза сразу после этапа нахождения зрачка. На основании полученной информации может быть принято решение об отсеивании текущего кадра и необходимости обратной связи с пользователем (отображения подсказки) в случае необходимости. Кроме этого, информация о положении века может быть использована на дальнейших этапах алгоритма распознавания, например для адаптивной подстройки параметров алгоритмов сегментации радужки и др. Метод продемонстрировал высокую точность детектирования (см. табл. 1 и 2) по сравнению с существующими аналогами), а также способность работы на мобильном устройстве в режиме реального времени. Устойчивость метода продемонстрирована путем его тестирования на различных базах данных.

Литература

- [1] *Daugman J.* How iris recognition works // IEEE Trans. Circ. Syst. Vid., 2004. Vol. 14. No. 1. P. 21–30.
- [2] *Chowhan S., Cocsit L., Shinde G.* Iris biometrics recognition application in security management // Image and Signal Processing Conference Proceedings, 2008. Vol. 1. P. 661–665.
- [3] *Bhattacharya V., Mali K.* Iris as a biometric feature: Application // Recogn. Advantages Shortcomings Int. J. Adv. Res., 2013. Vol. 3. No. 6. P. 1410–1415.
- [4] *Dorairaj V., Schmidt N., Fahmy G.* Performance evaluation of non-ideal iris based recognition system implementing global ica encoding // Conference (International) on Image Processing Proceedings, 2004. Vol. 3. P. 11–14.
- [5] *Adam M., Rossant F., Amiel F., Mikovikova B., Ea T.* Reliable eyelid localization for iris identification // Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems Conference Proceedings, 2008. P. 1062–1070.
- [6] *Xiangde Z., Qi W., Hegui Z., et al.* Noise detection of iris image based on texture analysis // Chinese Control and Decision Conference Proceedings, 2009. P. 2366–2370.

- [7] *Gankin K., Cheusev A., Matveev I.* Iris image segmentation based on approximate methods with subsequent refinements // *J. Comput. Syst. Sci. Int.*, 2014. Vol. 53. No. 2. P. 224–238.
- [8] *Solomatina I., Matveev I.* Detecting visible areas of iris by qualifier of local textural features // *J. Machine Learning Data Anal.*, 2016. Vol. 1. No. 14. P. 1919–1929.
- [9] *Min T., Park R.* Comparison of eyelid and eyelash detection algorithms for performance improvement of iris recognition // *Conference (International) on Image Processings Proceedings*, 2008. P. 257–260.
- [10] *Wildes R.* Iris recognition an emerging biometric technology // *Proc. IEEE*, 1997. Vol. 85. No. 9. P. 1348–1363.
- [11] *Masek L.* Recognition of human iris patterns for biometric identification // *Measurement*, 2003. Vol. 32. No. 8. P. 1502–1516.
- [12] *Kang B., Park K.* A robust eyelash detection based on iris focus assessment // *Pattern Recogn. Lett.*, 2007. Vol. 28. No. 13. P. 1630–1639.
- [13] *Adam M., Rossant F., Amiel F., Mikovikova B., Ea T.* Eyelid localization for iris identification // *Radioengineering*, 2008. Vol. 17. No. 4. P. 82–85.
- [14] *Yang L., Wu T., Dong Y., Fei L.* Eyelid localization using asymmetric canny operator // *Conference (International) on Computer Design and Applications Proceedings*, 2010. P. 533–535.
- [15] *Kim H., Cha J., Lee W.* Eye detection for gaze tracker with near infrared illuminator // *Conference (International) on Computational Science and Engineering Proceedings*, 2014. P. 458–464.
- [16] *He Z., Tan T., Sun Z., Qiu X.* Robust eyelid eyelash and shadow localization for iris recognition // *Conference (International) on Image Processing Proceedings*, 2008. P. 265–268.
- [17] Casia. Casia iris image database v4.0. <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=4>.
- [18] Casia. Casia iris image database v3. <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=3>.
- [19] AOptix. Aoptix iris database. <http://www.aoptix.com>.
- [20] CASIA, NLPR. The BTAS competition on mobile iris recognition, 2016. <http://biometrics.idealtest.org/2016/MIR2016.jsp>.

Поступила в редакцию 01.09.2016

Method of eyelid detection on image for mobile iris recognition

G. A. Odnokikh^{1,2}, V. S. Gnatyuk^{1,2}, M. V. Korobkin^{1,2}, and V. A. Ereemeev^{1,2}
g.odnokikh@gmail.com; vitgracer@gmail.com; mikhail.korobkin@hotmail.com

¹Federal Research Center “Computer Science and Control” of RAS

44/2 Vavilova Str., Moscow, Russia

²National Research University of Electronic Technology, 1 Shokin Sq., Zelenograd, Moscow, Russia

Eyelid detection is a very important part of iris recognition procedure. It is required for further eyelid noise removal and iris image quality estimation. Use of a mobile device imposes additional restrictions on iris recognition performance. In addition to the computational load and memory limitations, the recognition should have real-time performance and consider all the user interaction and changing environment conditions difficulties. A method for fast eyelid position detection for iris image quality estimation and further precise eyelid border localization is proposed. The performance of the proposed method is compared with eight the most reliable eyelid detection methods on four open datasets.

Keywords: *eyelid detection; iris recognition; mobile biometrics*

DOI: 10.21469/22233792.2.4.06

References

- [1] Daugman, J. 2004. How iris recognition works. *IEEE Trans. Circ. Syst. Vid.* 14(1):21–30.
- [2] Chowhan, S., L. Cocsit, and G. Shinde. 2008. Iris biometrics recognition application in security management. *Image and Signal Processing Conference Proceedings*. 1:661–665.
- [3] Bhattacharya, V., and K. Mali. 2013. Iris as a biometric feature: Application. *Recogn. Advantages Shortcomings Int. J. Adv. Res.* 3(6):1410–1415.
- [4] Dorairaj, V., N. Schmidt, and G. Fahmy. 2004. Performance evaluation of non-ideal iris based recognition system implementing global ica encoding. *Conference (International) on Image Processing Proceedings*. 3:11–14.
- [5] Adam, M., F. Rossant, F. Amiel, B. Mikovikova, and T. Ea. 2008. Reliable eyelid localization for iris identification. *Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems Conference Proceedings*. 1062–1070.
- [6] Xiangde, Z., W. Qi, Z. Hegui, *et al.* 2009. Noise detection of iris image based on texture analysis. *Chinese Control and Decision Conference Proceedings*. 2366–2370.
- [7] Gankin, K., A. Cheusev, and I. Matveev. 2014. Iris image segmentation based on approximate methods with subsequent refinements. *J. Comput. Syst. Sci. Int.* 53(2):224–238.
- [8] Solomatin, I., and I. Matveev. 2016. Detecting visible areas of iris by qualifier of local textural features. *J. Machine Learning Data Anal.* 1(14):1919–1929.
- [9] Min, T., and R. Park. 2008. Comparison of eyelid and eyelash detection algorithms for performance improvement of iris recognition. *Conference (International) on Image Processings Proceedings*. 257–260.
- [10] Wildes, R. 1997. Iris recognition an emerging biometric technology. *Proc. IEEE* 85(9):1348–1363.
- [11] Masek, L. 2003. Recognition of human iris patterns for biometric identification. *Measurement* 32(8):1502–1516.
- [12] Kang, B., and K. Park. 2007. A robust eyelash detection based on iris focus assessment. *Pattern Recogn. Lett.* 28(13):1630–1639.
- [13] Adam, M., F. Rossant, F. Amiel, B. Mikovikova, and T. Ea. 2008. Eyelid localization for iris identification. *Radioengineering* 17(4):82–85.
- [14] Yang, L., T. Wu, Y. Dong, and L. Fei. 2010. Eyelid localization using asymmetric Canny operator. *Conference (International) on Computer Design and Applications Proceedings*. 533–535.
- [15] Kim, H., J. Cha, and W. Lee. 2014. Eye detection for gaze tracker with near infrared illuminator. *Conference (International) on Computational Science and Engineering Proceedings*. 458–464.
- [16] He, Z., T. Tan, Z. Sun, and X. Qiu. 2008. Robust eyelid eyelash and shadow localization for iris recognition. *Conference (International) on Image Processing Proceedings*. 265–268.
- [17] Casia. Casia iris image database v4.0. Available at: <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=4> (accessed November 4, 2016).
- [18] Casia. Casia iris image database v3. Available at: <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=3> (accessed November 4, 2016).
- [19] AOptix. Aoptix iris database. Available at: <http://www.aoptix.com> (accessed July 1, 2014).
- [20] CASIA, NLPR. 2016. The BTAS competition on mobile iris recognition. Available at: <http://biometrics.idealtest.org/2016/MIR2016.jsp> (accessed November 4, 2016).

Received September 1, 2016