

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА

Любовь Рябова

В статье представлен краткий обзор по весьма не многочисленной проблематике биометрической идентификации по радужной оболочке глаза. Как правило, исходное изображение искажено шумами аппаратуры сканирования, дискретизации или каналов передачи данных, в результате чего изображения имеют неравномерную яркость и контрастность. Это приводит к разрывам линейных объектов, маскировке сложных объектов анализа, что приводит к большому числу ошибок и отказов, особенно автоматических систем идентификации и распознавания. Предобработка включает: выравнивание общего яркостного фона изображения, ликвидацию на исходном изображении высокочастотных помех и различного рода артефактов, контрастирование бинарного изображения и других функциональных преобразований. Выходное описание исходного информационного образа должно быть максимально приспособлено для хранения, передачи и анализа всех допустимых решений. Но при всех этих преобразованиях одним из важнейших показателей должно быть сохранение максимального числа особых «ключевых» элементов исходной информации. Определены перспективные направления дальнейших исследований в области распознавания изображений радужной оболочки глаза. В качестве тестовых данных использованы изображения из открытой базы данных.

Ключевые слова: распознавание изображений, радужная оболочка глаза, обработка изображений, биометрическая идентификация личности, сегментация.

Актуальность. Технологии идентификации по радужной оболочке глаза являются технологиями распознавания образов. Поэтому они включают достаточно стандартные функциональные блоки: регистрации изображений глаза, устройство предварительной обработки, вычисления информативных признаков, сравнение полученных оценок и принятие решений. Большинство работающих в настоящее время систем и технологий идентификаций по радужной оболочке глаза (РОГ) основаны на принципах, предложенных Дж.Даугманом в статье [7]. Для регистрации РОГ используются изображения, полученные в ближнем ИК-диапазоне. Специалисты, которые решили создать новые системы идентификации человека по РОГ хотели использовать новые современные технологии и улучшить базовый алгоритм. Самое первое, что бросалось в глаза – старый алгоритм сравнения глаз был использован для изображение глаза в близком ИК-диапазоне, т.е. то, что глаза бывают цветными не учитывалось.

Востребованность материалов данной работы состоит в том, что предлагается на этапе предварительной обработки изображения РОГ использовать данные HSL преобразования, сохраняя высокую точность оперативной обработки изображений радужки.

Цель. Расширение функциональных возможностей биометрической системы распознавания радужной оболочки глаз за счет привлечения дополнительных информационных признаков, полученных в результате использования HSL модели цветности.

Классический алгоритм распознавания глаз по чёрно-белым изображениям, состоит из двух частей – сегментация и сравнение. Сегментация – это выделение самого глаза на фотографии или в видеопотоке. Алгоритм сегментации сильно зависит от используемого оборудования и оптической конфигурации. Описанные в литературе методы выделения зрачка и внешней границы РОГ базируются на детекторах края и выделения окружностей посредством преобразования Хафа. На изображениях с большим разрешением (диаметр РОГ от 500 до 2000 пикселей) детекторы края образуют множество ложных контуров из-за размытой и нечеткой границы РОГ. Выделение внутренней границы РОГ на изображении достаточно сложная задача, при решении которой, в силу объективных причин, возникают различные трудности. Так, например, зрачок может находиться в любом месте изображения, т.е. необязательно в центре [2] и сам зрачок не является самой большой темной частью на изображении глаз из-за наличия пятен на РОГ [9]. Радиус зрачка может меняться в пределах $(0.2 - 0.8)R$, где R - внешний радиус и r - внутренний радиус РОГ, а диаметр должен быть меньше 75% диаметра РОГ для корректного распознавания. Экспериментально установлено, что метод выделения по порогу и нахождения центра масс на бинарном изображении [4] дает не всегда верные результаты для реальных изображений РОГ.

Обобщенный параметр РОГ численно равный EER может изменяться на порядок по шкале [0, 1] от 0.006 до 0.069. Все эти причины заметно ухудшают качество распознавания. В от-

личие от сравнения, которое является математически строгой задачей, сегментация – это задача с слишком большим количеством переменных. Даугман в своём патенте [8] предлагал при сегментации искать глаз как окружность, для которой градиент максимален:

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|,$$

здесь G – оператор гауссовского размытия изображения, а $I(x, y)$ – само изображение. При этом количество гипотез, которые нужно перебирать примерно равно $W \cdot H \cdot (R_{\max} - R_{\min})$, где W – ширина изображения, H – его высота, R_{\max} и R_{\min} – максимальные и минимальные радиусы РОГ соответственно. Алгоритм Даугмана это обратное преобразование Хафа для окружностей. Реальная РОГ имеет форму эллипса с неровными краями, которую можно с небольшой погрешностью аппроксимировать окружностью. Поэтому в ГОСТ ИСО/МЭК 19794-6-2006 [1] в качестве геометрической модели РОГ используются неконцентрические окружности для представления внешней и внутренней границ. В рамках наших исследований также использовалась эта модель. Далее неконцентрические окружности, соответствующие границам РОГ, преобразуются в прямоугольный шаблон фиксированного размера (250x50 пикселей), по которому вычисляется код данной РОГ. Кроме того, преобразование Хафа само по себе нестабильно к различным шумам в виде век, ресниц, бровей, теней и бликов. К тому же, на современных процессорах Intel i7 эта операция для 1.3 мегапиксельного изображения без предварительной оптимизации составляет порядка нескольких секунд. Существует несколько способов, чтобы добиться работы в реальном времени. Один из таких способов – использовать освещение, которое даёт характерный блик на зрачке, а затем искать этот блик. Такие блики хорошо видны на рис. 1.

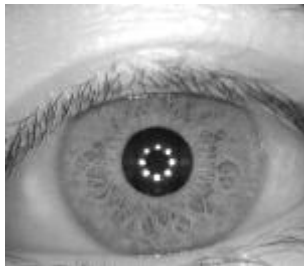


Рис. 1. Черно-белое изображение радужки глаза

Задача поиска блика вычислительно значительно проще, чем задача поиска глаза. А глаз ищется потом в окрестности блика [5]. В результате сегментации детектируется зрачок и радужка,

и можно выделить области, интересные для дальнейшего использования. Вторая часть – это сравнение. После выделения радужки её нужно нормализовать (рис. 2) для удобного сравнения с другими радужками. Для этого радужка разворачивается из полярных координат в прямоугольник и фильтруется. В качестве фильтра Даугман предлагал использовать фильтр Габора, который позволяет подчеркнуть характеристические области и понизить высокочастотные шумы:

$$G(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cos(2\pi\theta x).$$

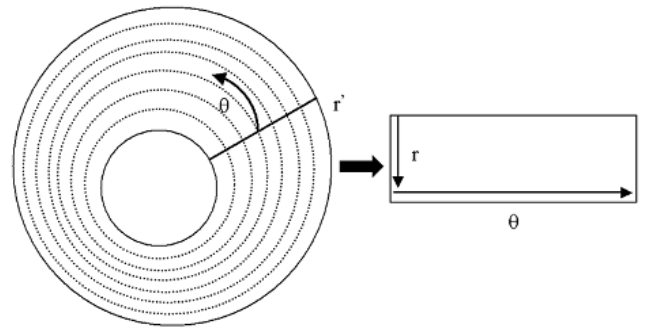


Рис. 2. Нормализация изображения РОГ

На этапе преобразования из декартовых координат в полярные – не исследован вопрос выбора оптимального размера шаблона РОГ. Таким образом, первые исследования изображений радужки глаз основывались на том, что распознавание или идентификация личности по радужке возможна и реализована по чёрно-белому изображению глаза. И кажется логичным и допустимым предположение, что распознавание по цветному изображению повысит достоверность идентификации и в конечном итоге улучшит статистику. Разложим цветное изображение на аддитивные R, G, B слагаемые (рис. 3).

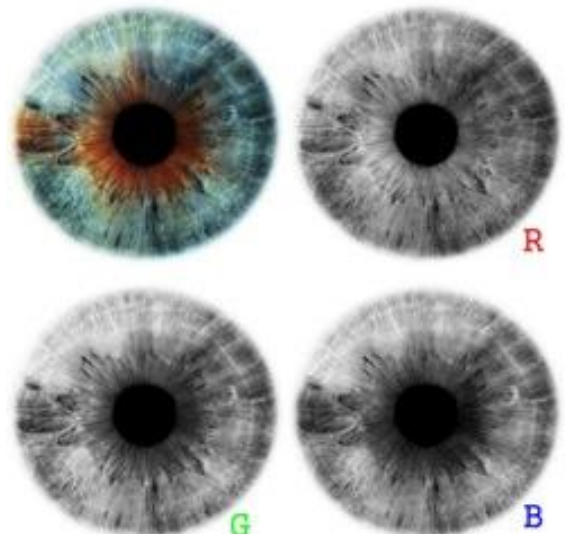


Рис. 3. Декомпозиция цветного изображения РОГ

И построим код *Iris Code* для каждого изображения R, G, B. В дальнейшем для подчёркивания текстуры изображения Даугман рекомендовал использовать фильтр Габора или какой-нибудь другой фильтр средних частот, подчёркивающий границы. В результате реализации такого подхода структура изображений для всех R, G, B цветов получается практически идентичной. Результаты сравнения глаз по разным цветам будут практически всегда совпадать. Более того, статистика при таком распознавании значительно ухудшается. Так как при использовании цвета RGB-модели информация дублируется в каждом слое. Оказывается, что логично было бы использовать такое цветовое пространство, где информация о яркости была бы независима от цветовой. Это возможно, если цвет каждого пикселя рассматривать как некую одномерную характеристику, т.е. чтобы два пикселя можно было сравнить. Для реализации альтернативного подхода удовлетворяет цветовое пространство HSL (HSV), в котором координаты цвета задаются через яркость, насыщенность и тон (аналог длины волны). Современные вычислительные системы, такие как Mathcad, Matlab обеспечивают большинство взаимных преобразований цветовых моделей изображений за счет встроенных функций, поэтому здесь мы приведем лишь краткие справочные данные. Система HLS построена на интуитивных понятиях тона, насыщенности и яркости (Hue, Lightness, Saturation). Здесь множество всех цветов представляет собой два шестигранных конуса, поставленных друг на друга (основание к основанию). Цветовая модель HSL, также известная как HLS или HSI, представляет собой следующее:

1. HUE: тип цвета (такой как красный, синий или желтый).

– Изменяется от 0 до 360°, каждое значение соответствует одному цвету, например, 0 – это красный цвет, 45 – оттенок оранжевого и 55 – оттенок желтого.

2. SATURATION: вариации цвета в зависимости от яркости.

– Изменяется от 0 до 100% (от центра оси черный&белый).

3. LIGHTNESS: (а также Luminance или Luminosity, или Intensity).

– Изменяется от 0 до 100% (от черного к белому).

Цветовая модель HSL (цветовой тон, насыщенность и яркость) в виде двойного шестигранного конуса является расширением одиночного конуса HSV. Так как модель HSL применяется для

самосветящихся предметов, светлота здесь обозначает яркость. В модели HSL цветовой куб RGB проецируется так, что получается двойной шестигранный конус со светлотой по оси от 0 (черный) в одной вершине до 1 (белый) во второй. Как и в модели HSV, насыщенность определяется радиальным расстоянием от центральной оси. Полностью насыщенные основные цвета и их дополнения расположены при S=1, а при S=0, H – не определено. Преобразование цветов из системы RGB в систему HSL производится по следующим формулам (значения координат RGB лежат в диапазоне [0, 1]).

$$\text{Цветовой тон } H = \begin{cases} \theta, & \text{при } B \leq G \\ 360 - \theta, & \text{при } B > G \end{cases}$$

$$\text{где } \theta = \arccos \frac{[(R - G) + (R - B)] / 2}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}}.$$

$$\text{Насыщенность } S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B).$$

$$\text{Интенсивность } I = \frac{R + G + B}{3}.$$

Цветовой тон может быть нормирован делением на 360°, чтобы иметь значения, попадающие в интервал [0, 1]. Остальные компоненты автоматически имеют такие значения. Основная информация о цвете в компоненте цветового тона, компонента насыщенности используется для формирования маски, позволяющей выделять области интереса в цветовом тоне. Компонента интенсивности не несет цветовой информации и используется реже.

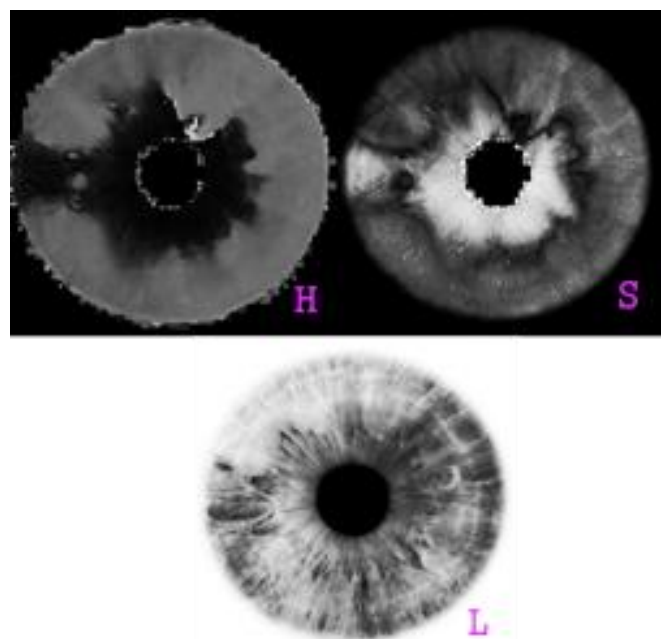


Рис. 4. ПОГ в цветовом пространстве HSL

Для формирования маски к изображению насыщенности применяется некоторый порог, например, 10% от максимального значения, пикселям с насыщенностью, превышающей порог, присваивается 1, остальным 0. Далее находится произведение компоненты цветового тона и сформированной маски. По гистограмме этого произведения определяется порог для сегментации, отсекающий искомые значения (правый хвост).

Исследователи проблемы идентификации радужки, так же как и автор, экспериментировал с переводом в различные цветовые пространства и сравнением изображений в них. Было проверены все стандартные цветовые пространства: Lab, CMYK, HSV и т.д. Выделены радужки и коррелированы друг с другом. Строилось распределение FAR и FRR для всех цветов. И оказалось, что длина волны слишком нестабильный признак из-за высокого уровня шума. Если посмотреть на то, как приведенный выше глаз выглядит в пространстве HSL, можно заметить, что в H канале высокий уровень шума по сравнению с остальными (рис. 4). При попытке сравнения двух изображений глаза корреляция будет куда хуже, чем в остальных цветовых пространствах. В результате исследования показали, что единственная статистически независимая от яркости характеристика это цвет глаза. С одной стороны, в H и S канале содержится новая информация. Но с другой стороны – она сильно зашумлена, и слегка пространственно коррелирована с черно-белыми изображениями глаз. Тогда, при применении цветной камеры RGB справедливо утверждение, что в произвольной точке изображения $C_{чб} = [a/3, a/3, a/3]$, где $a = R+B+G$.

Решение оказалось простым. Если нам нужна информация только о цвете, то надо отбросить пространственную информацию. Для этого построим гистограмму распределения цветов для радужки глаза. Такая гистограмма выровняет шум и произведет естественное усреднение по ним. По таким гистограммам можно быстро определять результат распознавания по гистограммам для H и S каналов, так как они не коррелируют друг с другом и не коррелируют с классическим методом распознавания черно-белых изображений глаз. Компромисс достигнут при сравнении черно-белого изображения с добавлением сравнения по среднему цвету глаза. Для этого пришлось использовать цветную камеру со сня-

тым ИК-фильтром и с двумя системами подсветки: инфракрасной RGB и импульсной. Инфракрасная часть подсветки обеспечивает классическое сравнение, а импульсная часть добавляет дополнительную цветовую составляющую.

Выводы. В результате анализа литературы и экспериментальных исследований представлен обзор проблем идентификации личности по изображению РОГ, которые требуют дополнительных исследований. Наиболее актуальными направлениями исследований является совершенствование системы информативных признаков за счет интеграции с другими цветовыми моделями [6] и показано, что применение других участков совместно с ближним ИК спектром улучшает точность идентификации. В [3, 10] предложены новые признаки – ключевые точки, которые характеризуют локальные свойства рисунка радужки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными: ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006-2007, часть 6. Данные изображения радужной оболочки глаза. – 28 с.
- [2]. Монич Ю., Старовойтов В. Обработка изображений радужной оболочки глаза в целях идентификации границ радужной оболочки глаза // Искусственный интеллект, 3, 2009. – С. 397-403.
- [3]. Павельева Е., Крылов А. Поиск и анализ ключевых точек радужной оболочки глаза методом преобразования Эрмита // Информатика и ее применения. т.4, в.1, 2010. – С. 79-82.
- [4]. Рябова Л.В., Голембиевская Ю.Г. Базовые операторы для обработки изображений радужной оболочки глаза // Наука и молодежь: 36. наук. пр. – К.: НАУ, 2006. – Вып.6.– С. 45-48.
- [5]. Трекин А. Метод проекций яркости при поиске зрачка на изображении // Технические науки и практика. Сб. трудов «Молодой ученый – 2012», Чита. – С. 24-28.
- [6]. C. Boyce et all., «Multispectral Iris Analysis: A Preliminary Study», IEEE CSPress, 2006, pp. 51-56.
- [7]. J. Daugman, «High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence», IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.15 (11), pp. 1148-1161, 1993.
- [8]. L. Flom, A. Safir, US Patent # 4 641, 349, U.S. Gjvernment Printng Office, Washington, DC, 1987.
- [9]. Hollingsworth K. Pupil dilation Iris biomenrric performance / K. Hollingworth, P.Flynn //

Computer Vision and Image Understanding. - Vol.113 - pp. 150-157, 2009.

- [10]. M. Sunder, A. Ross «Iris Image Retrieval Based on Macrofeatures» ICPR 2010, pp. 1316-1321.

REFERENCES

- [1]. Automatic identification. The biometric identification. Exchange formats biometric data: GOST R ISO/IEC 19794-6-2006, 2007, part 6. Image data iris. pp. 28.
- [2]. Monich Yu, Starovoitov V. Century image processing iris identification purposes borders iris // Artificial intelligence, 3, 2009. pp. 397-403.
- [3]. Pavelieva E, Krylov A. Search and analysis of key points iris method of Hermite transform // Informatics and its primeneniya, B.1, 2010. pp. 79-82.
- [4]. Ryabova L.V., Golembievskaya YU.G Basic operations for image processing iris // Nauka I molod: – K. : NAU, 2006. – №6. pp. 45-48.
- [5]. Trekin A. Method of projection brightness when searching pupil image // Technical science and practice. Works «Young scientist -2012», Chita, pp. 24-28.
- [6]. C. Boyce et all., «Multispectral Iris Analysis: A Preliminary Study» IEEE CSpres, 2006, pp.51-56.
- [7]. J. Daugman, «High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence» IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.15 (11), pp. 1148-1161, 1993.
- [8]. L. Flom, A. Safir, US Patent # 4 641, 349, U.S. Gjvernment Printng Office, Washington, DC, 1987.
- [9]. Hollingsworth K. Pupil dilation Iris biomenrric performance / K. Hollingworth, P. Flynn // Computer Vision and Image Understanding. - Vol.113, - pp. 150-157, 2009.
- [10]. M. Sunder, A. Ross «Iris Image Retrieval Based on Macrofeatures» ICPR 2010, pp. 1316-1321.

ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА

В статті представлений короткий огляд по дуже не численній проблематиці біометричної ідентифікації по райдужній оболонці ока. Як правило, вихідне зображення спотворене шумами апаратури сканування, дискретизації або каналів передачі даних, в результаті чого зображення мають нерівномірну яскравість і контрастність. Це призводить до розривів лінійних об'єктів, маскування складних об'єктів аналізу, що призводить до великого числа помилок і відмов, особливо автоматичних систем ідентифікації та розпізнавання. Передобробка включає: вирівнювання загального яркостного

фону зображення, ліквідацію на вихідному зображенні високочастотних перешкод і різного роду артефактів, контрастування бінарного зображення та інших функціональних перетворень. Вихідний опис вихідного інформаційного образу має бути максимально пристосований для зберігання, передачі та аналізу всіх допустимих рішень. Але при всіх цих перетвореннях одним з найважливіших показників має бути збереження максимального числа особливих «ключових» елементів вихідної інформації. Визначено перспективні напрями подальших досліджень у галузі розпізнавання зображень райдужної оболонки ока. В якості тестових даних використані зображення з відкритої бази даних.

Ключові слова: розпізнавання зображень, райдужна оболонка ока, обробка зображень, біометрична ідентифікація особи, сегментація.

FEATURES OF THE IRIS IMAGE PRE-PROCESSING ALGORITHM

The article presents a brief overview of the not numerous issues of biometric identification based on iris. Usually, the original image corrupted by equipment scanning noise, discretization or data transmission channels, whereby images are uneven brightness and contrast. This leads to breaks in linear objects, masking of the analyzed complex objects, which leads to a large number of errors and failures, especially automatic identification and recognition systems. Preprocessing includes: equation of the general luminance background image, the elimination of the original image high-frequency noise and various artifacts, contrast binary image and other functional transformations. Output description of the original information must be maximally adapted to storage, transmission and analysis of all possible solutions. But with all these transformations one of the most important indicators should be to preserve the maximum number of special «key» elements of the original information. Identified promising areas for further research in the field of iris image recognition. As the test data used the image of an open database.

Index terms: image recognition, iris, image processing, biometric identification, segmentation.

Рябова Любов Владимировна, асистент кафедри средств защиты информации Национального авиационного университета.

E-mail: lubanau@ukr.net

Рябова Любовь Владимировна, асистент кафедри засобів захисту інформації Національного авіаційного університету.

Lyubov Ryabova, assistant, Academic Department of information security means of National Aviation University.