

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА В ЗАДАЧАХ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Степаненко М.А.¹, Дмитриев Д.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Нижний Новгород, Россия (603950, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, д. 24), e-mail: stepanenkoma@mail.ru

В статье предложен алгоритм аутентификации по изображению радужной оболочки глаза. В качестве исходных данных используется цветное изображение глаза, переведенное в оттенки серого цвета. Рассмотрены основные этапы процедуры распознавания радужной оболочки глаза: поиск (локализация) радужки с помощью детектора границ Кэнни, обнаружение зрачка с помощью преобразования Хафа; нормализация по методу Даугмана; выделение характерных черт радужки с использованием многоуровневого дискретного вейвлет преобразования и квантования. Полученные двоичные коды содержат информацию об изображениях. В качестве меры сравнения кодов используется расстояние Хемминга. Выполнены расчеты порогов допуска: коэффициентов ложного отказа (FRR) и ложного допуска (FAR); вычислено оптимальное значение расстояния Хэмминга, сформулированы выводы.

Ключевые слова: аутентификация, распознавание, фильтр Кэнни, вейвлет Хаара, дистанция Хэмминга.

AUTHENTICATION PROBLEM USING IRIS RECOGNITION TECHNOLOGY

Stepanenko M.A.¹, Dmitriev D.V.¹

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minin, 24), e-mail: stepanenkoma.ru

An iris authentication method is proposed in this paper. A color image of the eyes, which was translated into gray shades is used as the initial data. The main steps of the iris recognition procedure were considered: allocation of the iris using Canny edge detector, pupil detection using Hough transform, normalization using Daugman's recognition method, allocation of the characteristic features of the iris using multilevel discrete wavelet transform and quantization. The resulting binary codes contain information about the images. Hamming distance is used to compare codes. The calculations of tolerance threshold were performed: False Rejection Rate (FRR) and False Accept Rate (FAR). Also, optimal value of the Hamming distance has been calculated and conclusions were formulated.

Keywords: authentication, identification, filter Canny, Haar wavelet, Hamming distance

Аутентификация личности, использующая характерные особенности человеческого тела, всегда была привлекательной целью для предприятий и организаций, желающих обезопасить свои данные. Чтобы контролировать доступ к защищенной информации (в том числе доступ в помещения), необходима надежная система, позволяющая идентифицировать личность, используя лишь её собственные, неповторимые качества. Использование биометрических технологий, основанных на распознавании физиологических и бихевиористских особенностей человеческого тела, таких как лицо, отпечатки пальцев, форма рук, глаза, подпись и голос, можно значительно повысить степень надежности процедур аутентификации.

Среди различных особенностей человеческого тела узор радужки представляет наибольший интерес, поскольку каждый узор имеет уникальную и хорошо различимую текстуру.

Основные этапы процедуры распознавания радужной оболочки глаза

Процедура распознавания состоит из последовательного выполнения следующих этапов: поиска радужки (локализации), нормализации, выделения характеристических особенностей, сравнения.

Для упрощения вычисления, а также в целях удобства последующего приведения исходного изображения к виду двумерной функции выполняется переход к оттенкам серого. Процедура перехода исходного изображения, закодированного при помощи RGB каналов на каждый пиксель, позволяет характеризовать их лишь одним числом – значением его интенсивности от 0 до 255. Достигается это при помощи следующего преобразования:

$$Y = 0.3 \cdot R + 0.59 \cdot G + 0.11 \cdot B$$

Где R , G , B – исходные значения в красном, зеленом и синих каналах соответственно, а Y – яркость.

Локализация радужки. Граница между радужкой и склерой представляет собой плавный цветовой переход, в связи с чем, задача обнаружения границы перехода усложняется, однако, граница зрачка и радужки является достаточно четкой. Её поиск производится гораздо легче. Именно по этой причине поиск радужки начинается с поиска зрачка. Процедура локализации радужки происходит в два этапа: поиск зрачка и поиск радужки в окрестности зрачка. В первую очередь к входному изображению применяется детектор границ Кэнни [ссылка]. При этом детектор использует информацию о контурах, полученную в результате вычисления градиента изображения для уточнения этих контуров путем применения двойной пороговой фильтрации и трассировки

Далее, применяя преобразование Хафа [4] для окружностей, можно обнаружить приблизительные координаты центра зрачка и его радиус. Отметим, что детектор границ Кэнни настраивается в зависимости от качества входных данных. Путем тестирования можно подбирать разные значения порогов для операции двойной пороговой фильтрации. Чем выше эти значения, тем меньше границ будет оставлено в итоговом изображении. Так же имеется возможность настраивать параметры функции Гаусса, для изменения степени размытости изображения.

После обнаружения местоположения зрачка можно перейти к процедуре поиска радужки, которая осуществляется за счет анализа изменений в интенсивности пикселей от зрачка к краю изображения. Для поиска границ радужки достаточно знать координаты центра зрачка и его приблизительный радиус. Это позволяет строить концентрические окружности увеличивающегося радиуса, для каждой из которых рассчитывается суммарная интенсивность лежащих на ней пикселей. Анализ разности интенсивностей каждой окружности относительно предыдущей позволяет выявить границу радужки. Учитывая, что

граница представляет собой перепад интенсивности из темных тонов в светлые, получаем, что та окружность, изменение интенсивности которой относительно предыдущей (окружности меньшего радиуса) максимально, и будет окружностью, охватывающей радужку.

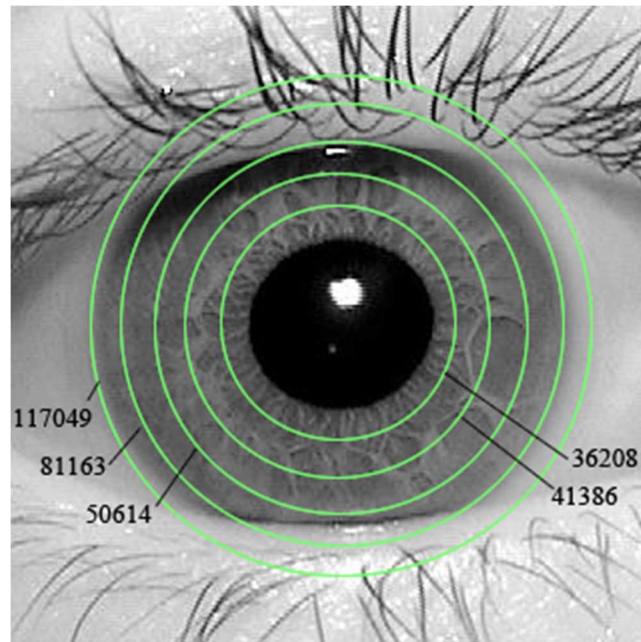


Рис.1. Схема поиска границ радужки

Отметим, что радужка и зрачок в действительности имеют разные центры, поэтому в описанном выше алгоритме следует искать две окружности с максимальными разностями. Имея две окружности, описывающие левый и правый край радужки, можно получить её диаметр путем сложения двух радиусов. Таким образом, получаем более точную координату x центра радужки. Разностью в координатах y можно пренебречь, так как она не превышает 3-х пикселей (рис. 1).

Нормализация радужки. При осуществлении захвата изображения в различных условиях глаз может предстать в разных формах, например, в случае увеличения или сужения зрачка рабочее поле (количество пикселей, отведенное на рисунок радужки) изменяется. Размеры самого глаза на изображении так же могут быть различны за счет физического положения человека относительно камеры. Чтобы учесть подобные факторы необходимо приводить кольцеобразный рисунок радужки к стандартизированному виду, иначе задача вычисления схожести двух радужек усложняется.

Для нормализации радужки нами используется подход, описанный Джоном Даугманом. [1,2]. Он позволяет извлекать из кольцеобразной формы фиксированное число пикселей для каждого возможного направления. Записывая извлекаемые пиксели в столбцы, получается изображение прямоугольной формы.

Обычно прямоугольное изображение содержит лишнюю информацию, а именно часть века, покрывающего глаз. В результате экспериментов была выявлена средняя область, не содержащая изображения век, именно она и ложится в основу нормированного изображения радужки (рис 2).

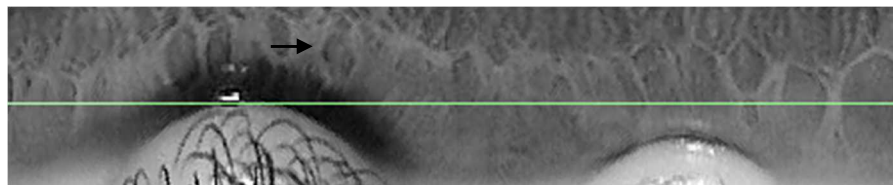


Рис.2. Граница выборки

Наибольшая часть уникального узора радужки содержится именно в верхнем горизонтальном сегменте изображения. Кроме того, выборка данных фиксированного размера уменьшает возможность появления различных характерных черт.

Такой подход, выбирающий прямоугольную область с фиксированным числом пикселей, гарантирует, что с большей вероятностью, анализу будет подвергнута одна и та же область радужки. Экспериментально полученные нормализованные радужки представляют собой изображение размером 448x48 пикселей.

Выделение характеристических особенностей. Для выделения характерных черт радужки необходимо усиление контрастности изображения, за счет чего текстура радужки становится более четкой. Это значит, что дискретное вейвлет преобразование сможет выделить детализующую информацию гораздо эффективнее. Усиление контраста достигается за счет применения операции выравнивания гистограммы к нормализованному изображению радужки.

Следует отметить, что операцию выравнивания гистограммы стоит применять именно к изображению нормализованной радужки, а не к изображению глаза в целом. Это обусловлено тем, что нормализованное изображение содержит значения интенсивностей близкие друг к другу, а также значительно меньшее число пикселей, а значит, перераспределение интенсивностей между пикселями происходит гораздо эффективнее.

Для вычисления характеристических особенностей радужки используется многоуровневое дискретное вейвлет преобразование с вейвлетом Хаара. [4,5].

Дискретное вейвлет преобразование позволяет разделить входное изображение на 4 составляющих: приближенное изображение (уменьшенное в два раза оригинальное изображение) и еще три изображения представляющих собой детализующую информацию. Многоуровневое преобразование применяется для того, чтобы извлечь информацию об основном рисунке радужки.

Четыре уровня дискретного вейвлет преобразования уменьшают изначальное изображение размером 448x48, до 28x3.

Пример конечного результата, готового для формирования вектора приведен на рис. 3.

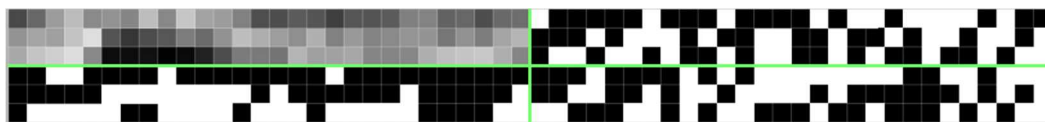


Рис.3. Результат применения 4-го уровня дискретного вейвлет преобразования

Характеристический вектор представляет собой вектор значений, содержащих код радужки. В результате применения многоуровневого дискретного вейвлет преобразования детализирующая информация о вертикальных, горизонтальных и диагональных контурах объединяется в единый вектор.

На практике дискретное вейвлет преобразование генерирует не бинарные значения как показано выше, а значения с плавающей точкой, в том числе и отрицательные. Поэтому к полученному результату дополнительно применяется квантование, предназначенное для представления данных в бинарном формате к детализирующей информации:

$$V(x)' = \begin{cases} 1, & V(x) \geq 0 \\ 0, & V(x) < 0, \end{cases}$$

где $V(x)$ – значение в исходном векторе.

Полученный бинарный вектор (рис. 4) очень удобен как для проведения сравнений, так и для хранения с минимальными затратами памяти. В наших исследованиях использовались векторы размерностью 252 бит.



Рис.4. Характеристический вектор

Сравнение. Для сравнения двух кодов используется дистанция Хемминга, параметр, характеризующий степень различия между двумя кодами.

$$D = \sum_{i=1}^N \frac{V_{i1} \oplus V_{i2}}{N}$$

Расчет порога допуска

Производительность биометрической системы оценивается при помощи двух показателей: коэффициент ложного пропуска (FalseAcceptRate или FAR – система предоставляет доступ незарегистрированному пользователю) и коэффициент ложного отказа

(FalseRejectionRate или FRR – система запрещает доступ зарегистрированному пользователю).

Для вычисления FRR и FAR необходимо провести два эксперимента: сравнение кода пользователя с кодами, извлеченными из разных изображений его же радужки; сравнение кода пользователя с кодами, извлеченными из разных изображений радужки других пользователей (рис 5).

Наиболее вероятное значение дистанции Хэмминга для случая сравнения кодов, принадлежащих одному пользователю, является приблизительно 0,28 – 0,29. Аналогичное распределение получается для эксперимента, в котором сравниваются коды радужек, принадлежащие разным пользователям. Наиболее вероятное значение дистанции Хэмминга в таком случае лежит в окрестности 0,5.

Пороговое значение дистанции Хэмминга, ниже которого пользователь считается подлинным и пропускается, а выше – отвергается, определяются исходя из области пересечения графиков, характеризующих FRR и FAR.

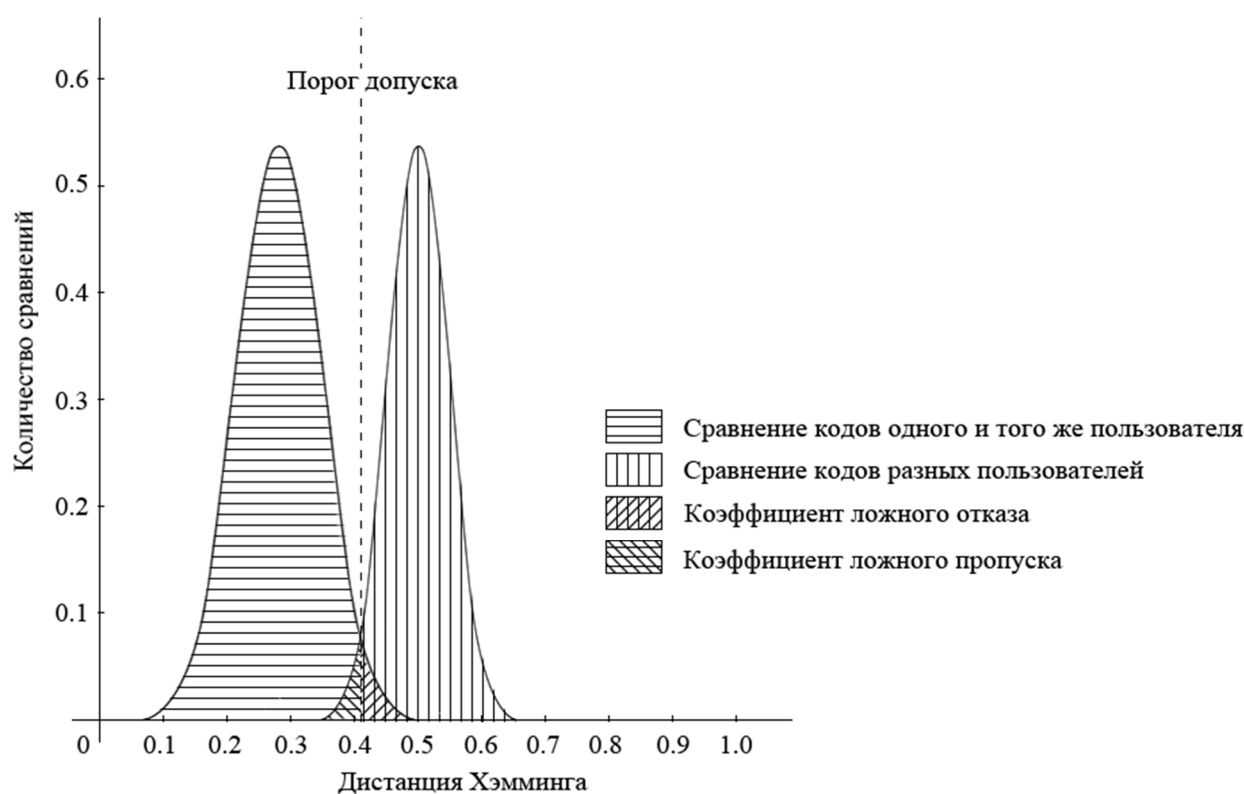


Рис.5. Порог допуски. Коэффициенты ложного отказа и ложного допуски

В целом максимальная вероятность появления одной из ошибок составляет 7% – 8% от общего числа протестированных пользователей. Порог допуски выбирается в зоне появления ошибок распознавания, ближе к центру пересечения двух кривых. Выбирая

пороговое значение точно в точке пересечения, уменьшается вероятность появления как FRR, так и FAR. Как видно из рисунка 5, оптимальное значение дистанции Хэмминга в данном случае равно 0,4.

Заключение

Практика показывает, что в реальных ситуациях надежнее зафиксировать пороговое значение ближе к графику, характеризующему сравнение кодов одного и того же пользователя, тем самым уменьшая значение коэффициента ложного пропуска (FAR). Иными словами, безопаснее, если пользователь отвергнут, нежели, если принят.

Список литературы

1. Daugman J.G. High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence //IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No.11, Nov. 1993.
2. Daugman J.G. Demodulation by Complex-Valued Wavelets for Stochastic Pattern Recognition //Int'l J. Wavelets, Multiresolution and Information Processing, vol. 1, no. 1, 2003.
3. John Canny. A computational approach to edge detection. Pattern Analysis and Machine Intelligence// IEEE Transactions on, PAMI-8(6):679–698, Nov. 1986.
4. Sunita Lokhande, Vishram . N. Bapat. Wavelet packet based iris texture analysis for person authentication. Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ) Vol.4, No.2, April 2013.
5. Tahir Rabbani and Frank van den Heuvel. Efficient hough transform for automatic detection of cylinders in point clouds in Proceedings of the 11th Annual Conference of the Advanced School for Computing and Imaging (ASCI '05), The Netherlands, June 2005.

Рецензенты:

Моругин С.Л., д.т.н., профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г. Нижний Новгород;

Андреев В.В., д.т.н, профессор кафедры «Ядерные реакторы и энергетические установки», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.