

ВЕРИФИКАЦИЯ РАДУЖНЫХ ОБОЛОЧЕК ГЛАЗ МЕТОДАМИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

В.А. ЧАСТИКОВА, В.В. СОТНИКОВ, С.В. ЗИНОВЬЕВА, А.А. ШЕЛУДЬКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: bubert9@gmail.com*

Радужная оболочка человеческого глаза является уникальным и неизменным источником биометрических данных. В работе описаны особенности алгоритмов анализа и сравнения изображений радужных оболочек глаз, основанных на спектральном анализе. Представлены решения по улучшению производительности ранее описанных алгоритмов по времени и по оптимизации затрат памяти. Реализована адаптация алгоритмов к техническим особенностям форматов изображений. Освещены перспективы дальнейшего развития данной технологии – последовательное преобразование спектральных данных и внедрение нейронных сетей для оценки разницы спектральных сигнатур.

Ключевые слова: биометрия, анализ изображений, спектральный анализ, преобразование Фурье, вейвлет-преобразование, идентификация радужки глаза, нейронные сети.

Технологии идентификации и верификации по радужной оболочке глаза представляются одними из наиболее эффективных в сравнении с другими технологиями, использующими биометрию. Высокая степень уникальности рисунка радужки глаза, а также ненавязчивость его сканирования делают биометрическую идентификацию надежной и в то же время удобной.

Самым распространённым принципом анализа радужной оболочки является выделение уникальных узловых структур в рисунке радужки и сравнение полученных данных с имеющимися. Данный алгоритм обеспечивает высокую точность и подходит для анализа большого количества людей, однако цена и сложность его реализации делает невозможной установку подобного рода систем в качестве дополнительного фактора защиты на малых предприятиях и в жилых домах.

В работе предлагается новый алгоритм, использующий для идентификации по радужной оболочке информацию, полученную с помощью преобразования Фурье и вейвлет-преобразования [1].

Представленные в статье [1] алгоритмы подверглись усовершенствованию. Так, для снижения сложности алгоритма, полярное преобразование происходит неявно, т.е. без создания измененного изображения. Соответствие координат пикселей оригинального и «мнимого» изображений задаются следующими формулами:

$$X = \cos\left(\frac{I * 2}{H}\right) * J + \frac{W}{2},$$

$$Y = \sin\left(\frac{I * 2}{H}\right) * J + \frac{H}{2},$$

где X, Y – координаты пикселя оригинального изображения, I, J – координаты пикселя оригинального изображения, W, H – ширина и высота оригинального изображения в пикселях.

Дизайн приложения разработан в соответствии с концепцией “MaterialDesign” от корпорации Google, добавлена возможность просмотра сохранённых в базу данных изображений.

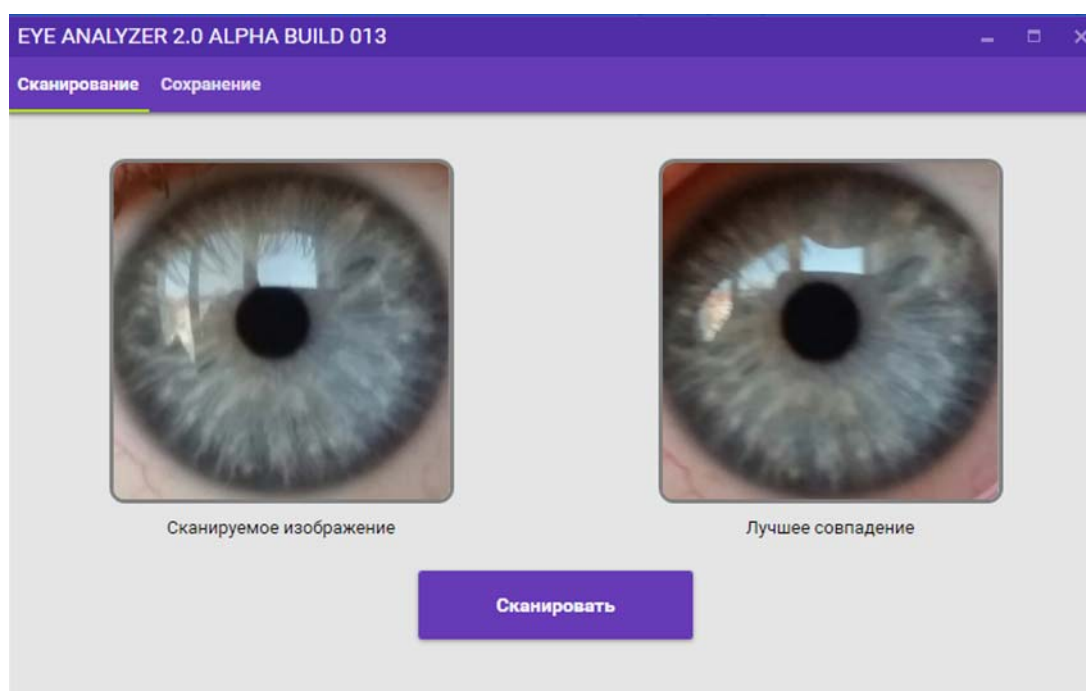


Рисунок 1 – Работа программного комплекса, режим сканирования

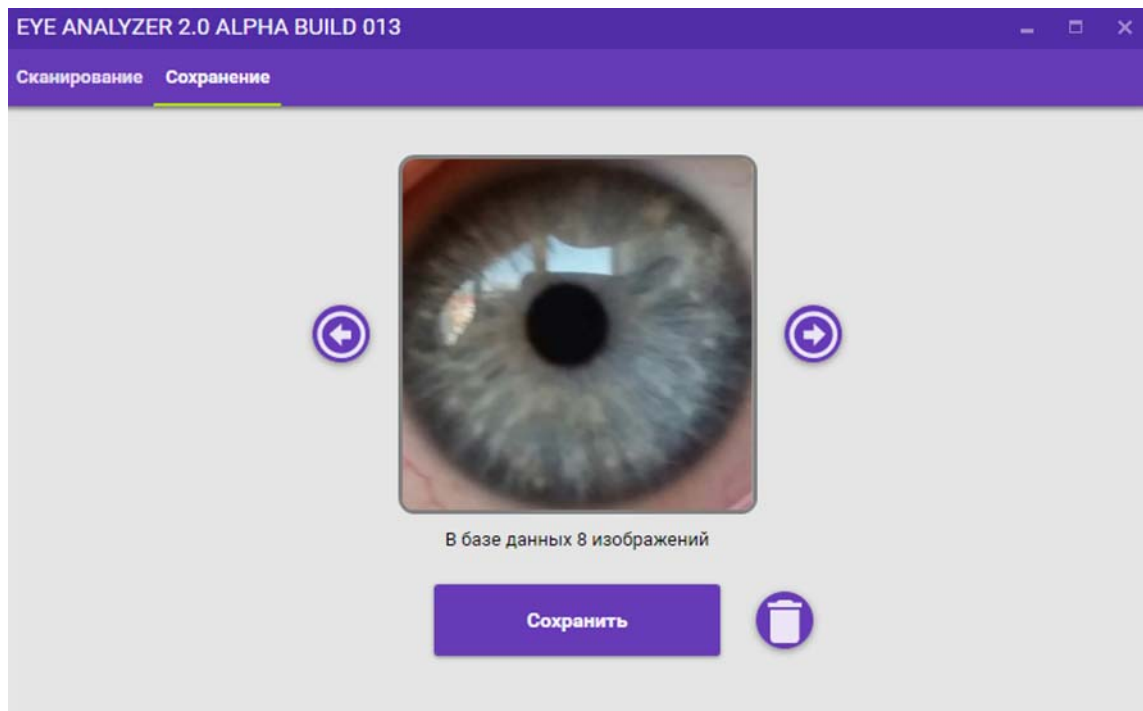


Рисунок 2 – Работа программного комплекса, режим сохранения изображений в базу данных

Функция нормы цветности была изменена в связи с особенностями технического стандарта sRGB, фактически представляя теперь собой Y-функцию стандарта CIE 1931 XYZ:

$$N = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B.$$

где R, G, B – RGB-компоненты пикселя, N – значение нормы цветности.

В целях снижения требований к качеству фотографий глаз также были модернизированы алгоритмы анализа изображения.

Для получения более емких данных о структуре глаза введено быстрое двумерное преобразование Фурье:

$$G_{uw} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} \left[\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} x_{mn} e^{\frac{-2\pi jmw}{M}} \right] e^{\frac{-2\pi jnu}{N}}$$

где

G_{uw} – искомый спектр,

M – количество столбцов пикселей в изображении,

N – количество строк пикселей в изображении,

x_{mn} – пиксель на пересечении m -того столбца с n -той строкой,

w – составляющая частоты сигнала по вертикали,

u – составляющая частоты сигнала по горизонтали.

Для обоих алгоритмов введен единый метод сравнения, за тем лишь исключением, что отклонения получаемых с помощью вейвлет-преобразования фильтров оцениваются с разным «весом» при вычислении общего отклонения. Это обусловлено тем, что фильтры низких частот хранят в себе крупные структуры изображения, а фильтры средних частот – средних размеров структуры, более подверженные искажениям при фотографировании. Фильтры же высоких частот хранят не только мелкие детали изображения, но и помехи, поэтому к их анализу следует приступать крайне осторожно.

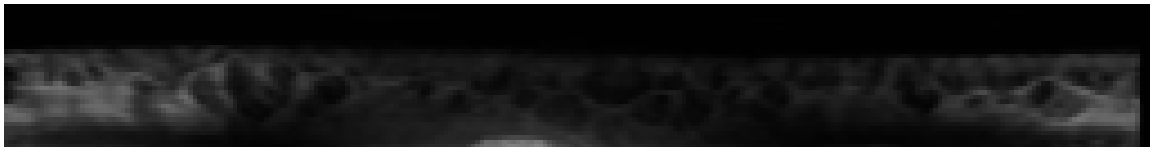


Рисунок 3 – Визуализация сжатого вейвлетом прообраза изображения

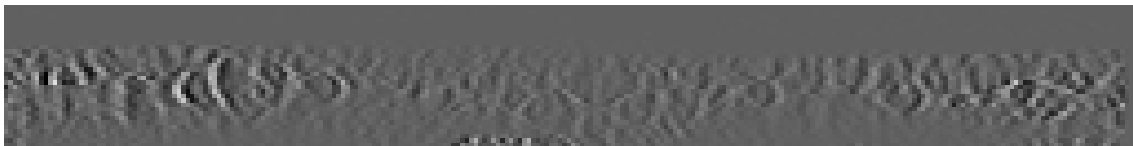


Рисунок 4 – Визуализация низкочастотного фильтра



Рисунок 5 – Визуализация фильтра средних частот



Рисунок 6 – Визуализация высокочастотного фильтра

Выделение различных частот происходит с помощью коэффициентов масштабирования и вейвлет-коэффициентов, вычисляемых по формулам:

$$h_0 = 1 + \sqrt{3}/4 + \sqrt{2};$$

$$h_1 = 3 + \sqrt{3}/4 + \sqrt{2};$$

$$h_2 = 3 - \sqrt{3}/4 * \sqrt{2};$$

$$h_3 = 1 - \sqrt{3}/4 * \sqrt{2}$$

$$g_0 = h_3;$$

$$g_1 = -h_2;$$

$$g_2 = h_1;$$

$$g_3 = -h_0,$$

где h_0 , h_1 , h_2 и h_3 – высокочастотные коэффициенты (вейвлет-коэффициенты), а g_0 , g_1 , g_2 и g_3 – низкочастотные (масштабирующие).

За счет двукратного применения вейвлет-преобразования получаем 4 частотных фильтра, представленных на рисунках выше, которые позволяют провести более детальный анализ, нежели с использованием однократного преобразования.

При вычислении двумерного преобразования Фурье низкие частоты будут сосредоточены в углах матрицы, что не очень удобно для дальнейшей обработки полученной информации. Для перевода представления двумерного преобразования Фурье, в котором низкие частоты сосредоточены в центре матрицы, можно выполнить простую процедуру, заключающуюся в умножении исходных данных на -.

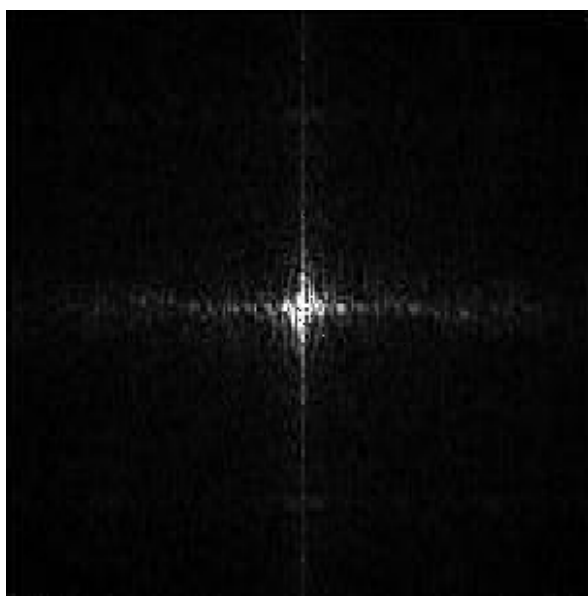


Рисунок 7 – Фурье-образ изображения радужной оболочки глаза

В общем случае формула сравнения выглядит следующим образом:

$$A = \sum_t \left| \frac{F_t - G_t}{F_t} \right| \cdot p_t.$$

где A – отклонение данного изображения от имеющегося в базе, F_t , G_t – значения спектральных сигнатур имеющегося в базе и анализируемого изображений соответственно, p_t – весовой коэффициент.

Ввиду вышеизложенного, представляются следующие перспективные направления для дальнейшего исследования.

Первое – использование вейвлет-преобразования к данным, полученным в результате преобразования Фурье. Это позволит различать схожести мелких и крупных структур на изображениях.

Вторым перспективным направлением является использование нечетких нейронных сетей при анализе отклонений. Поскольку вычисление значимости отклонений спектральных сигнатур является исключительно статистической задачей (к примеру, сравнение зрачков глаз абсолютно бесполезно), ее можно переложить на нейронные сети. Если экспериментальное исследование данного метода покажет его практическую эффективность, можно исследовать возможность использования нейронных сетей для более точного сопоставления секторов изображений (то есть нейтрализации поворотов и сдвигов изображений относительно друг друга).

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Частикова, В.В. Сотников, С.В. Зиновьева, А.А. Шелудько. Идентификация изображений радужных оболочек глаз на основе спектрального анализа методами вейвлет-преобразования и преобразования Фурье // Научные труды КубГТУ. Краснодар, – 2016 - №2. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/835>

REFERENCES

1. V.A. Chastikova, V.V. Sotnikov, S.V. Zinoveva, A.A. Sheludko. Identifikatsiya izobrazheniy raduzhnykh obolochek glaz na osnove spektralnogo analiza metodami veyvlet-preobrazovaniya i preobrazovaniya Fure // Nauchnye trudy

KubGTU. Krasnodar, – 2016 - №2. – [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: URL:
<http://ntk.kubstu.ru/file/835>

VERIFICATION OF IRISES USING THE SPECTRAL ANALYSIS

V.A. CHASTIKOVA, V.V. SOTNIKOV, S.V. ZINOVEVA, A.A. SHELUDKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: bubert9@gmail.com*

The iris of the human eye is an unique and immutable source of biometric data. The paper describes the features of algorithms of analyzing and comparing images of irises, which based on the spectral analysis. The solutions for improving the performance of the previously described algorithms in time and memory costs were presented. Implemented algorithms are adapting to the technical characteristics of image formats. Perspective of the further development of this technology is a consistent spectral data conversion and implementation of neural networks to evaluate the differences between the spectral signatures.

Key words: biometrics, image analysis, spectral analysis, Fourier transform, wavelet transform, iris identification, neural networks.