

*В.А. Швец, к.т.н., В.С. Фесенко, А.В. Швец
(Национальный авиационный университет, Украина),
А.С. Фесенко, (Национальный университет им. Т. Г. Шевченко, Украина),
В.В. Швец (Европейский университет, Украина)*

Использование преобразования Фурье в аутентификации по радужной оболочке глаза

Предложен новый метод выделения информативных признаков из изображения радужной оболочки преобразованием Фурье. Отличительным признаком различности радужных оболочек предлагается использовать огибающую коэффициентов Фурье. Полученные результаты показали, что огибающая коэффициентов Фурье достаточно информативна – имеет ярко выраженные максимумы, значительный разброс по амплитуде и имеет четкие отличия для изображений радужной оболочки глаза различных людей.

Радужная оболочка глаза (РОГ) является достаточно простым объектом для распознавания (если сравнивать с иными классами объектов). Однако с другой стороны, к системам распознавания по радужке предъявляются жёсткие требования по надёжности, точности и устойчивости выделения при наличии различных помех и изменениях условий съёмки. Идея распознавать людей по радужной оболочке появилась в 1987 у доктора Джона Даугмана и была запатентована в 1989. Алгоритм распознавания для чёрно-белых глаз, состоит из двух частей – сегментация и сравнение (получение *IrisCode*).

Методы получения *IrisCode* могут быть следующие: бинаризация по яркости пикселя РОГ (необходимо вычислять оптимальный порог бинаризации), или бинаризация с использованием 2D-вейвлетов Габора [1, 2]

Чтобы сравнить две радужки для полученных *IrisCode* строят дистанцию Хемминга, которая является мерой корреляции объектов. Чем меньше дистанция Хэмминга между двумя кодами, тем ближе друг к другу они расположены [1,2].

Недостатком обработки РОГ аппаратом Габора то, что обработка проводится в полярной системе координат, а затем в декартовой системе координат, но полярным аппаратом Габора, таким образом значительное время затрачивается на операции не относящиеся к основной задаче (преобразование координатной сетки) – получение *IrisCode*.

Проанализируем изображение, с точки зрения теории обработки сигналов, по оси X , зафиксировав координату y на середине изображения. В результате имеем: зону постоянного сигнала (маска), зона изменения сигнала по амплитуде (склера и радужная оболочка), зона постоянного сигнала (зрачок), зона изменения сигнала по амплитуде (склера и радужная оболочка), зона постоянного сигнала (маска). Все зоны по координате x при $y=\text{const}$ можно отобразить в виде графика (рис. 1).

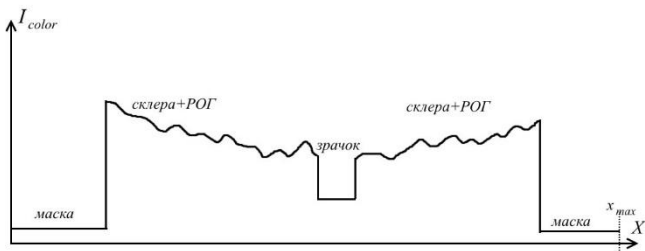


Рис. 1 Изменение цвета в изображении

Изображение РОГ представлено матрицей яркости пикселей $\mathbf{I}(N \times M)$.

Преобразуем матрицу пикселей \mathbf{I} в вектор пикселей \mathbf{rI} размерностью $k=N \times M$, путем конкатенации всех строк матрицы \mathbf{I} . Над вектором пикселей \mathbf{rI} проведем преобразование Фурье и получим комплексный вектор \mathbf{F} коэффициентов Фурье (1).

$$\mathbf{F} = \text{fft}(\mathbf{rI}). \quad (1)$$

Модуль спектра (коэффициентов Фурье) вектора \mathbf{F} представлен рис. 2.

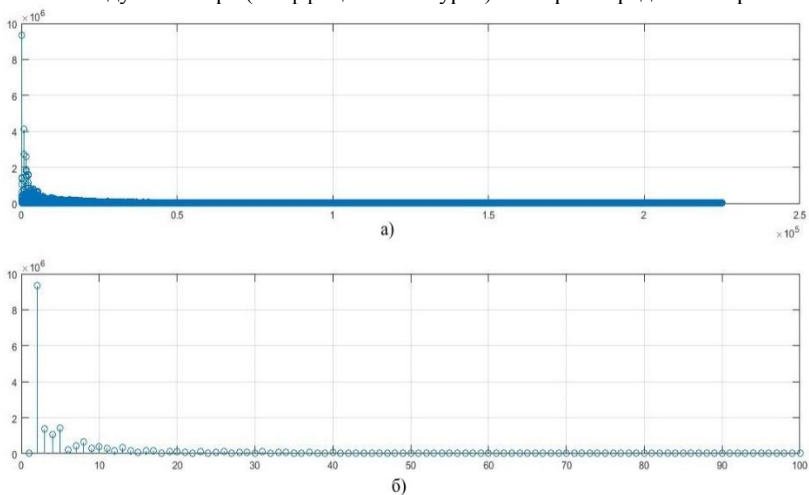


Рис. 2. Коэффициенты Фурье изображения РОГ

На рис. 2а представлен полный спектр, а на рис. 2б первых сто коэффициентов Фурье (ось ординат – значение коэффициента Фурье, ось абсцисс – индекс коэффициента Фурье).

Взяв во внимание то, что основная энергия сигнала сосредоточена в первых коэффициентах Фурье (рис. 2б) спектр (вектор \mathbf{F}) усекается до 128 коэффициентов (2) и коэффициент Фурье $\mathbf{F}(0)$ приравнен к нулю.

$$\mathbf{F}'(k) = \mathbf{F}(k), k = 0 \div 127. \quad (2)$$

Для повышения информативности проведем операцию преобразования Фурье над набором коэффициентов \mathbf{F}' (3), результат которого приведен на рис. 8.

$$i\mathbf{R} = \text{fft}(\mathbf{F}'). \quad (3)$$

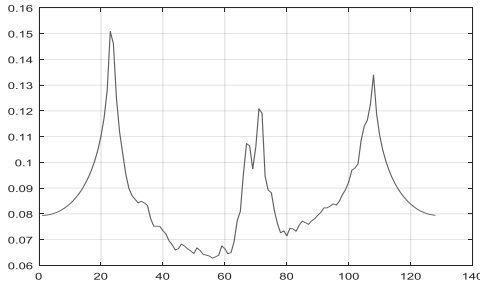


Рис. 3. Результат преобразования Фурье над вектором \mathbf{F}' , огибающая коэффициентов Фурье

Для получения огибающей коэффициентов Фурье (ОгКФ) предлагается следующая методика:

- получение прямоугольного изображения с камеры с определенными размерами $\mathbf{I}(x,y)$;
- сегментация, выделение области РОГ и получение информационного вектора \mathbf{rI} ;
- проведение операции преобразования Фурье над информационным вектором, вычисление вектора \mathbf{F} ;
- усечение вектора \mathbf{F} и проведение операции преобразования Фурье над вектором \mathbf{F} , вычисление вектора \mathbf{F}' .

Получим ОгКФ РОГ различных людей по методике описанной выше, а результат представим на рисунке (рис. 4).

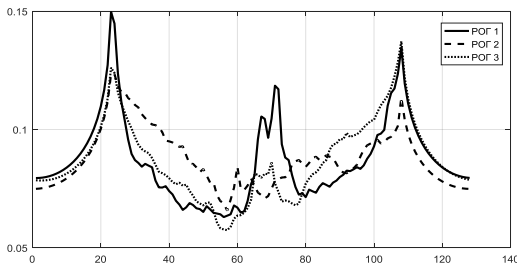


Рис. 4. Огибающая коэффициентов Фурье изображений РОГ различных людей

Из рис. 4 видно, что ОгКФ различных людей отличаются друг от друга, что подтверждает возможность использования коэффициентов Фурье в аутентификации человека.

Использование ОгКФ имеет свои достоинства: проведение всех операций только в декартовой системе координат, отсутствие сегментации РОГ, отказ от использования сложных фильтров Габора, однако есть и недостаток – использование преобразования Фурье над большим вектором входных данных в классическом базисе (базисе дискретно-экспоненциальных функций). Поэтому возникают некоторые ограничения: желательно использовать входное изображение размерностью 2^k по осям x и y , где $k \in 7 \div 9$ (определено экспериментальным путем) это дает возможность использовать только быстрые алгоритмы преобразования Фурье, РОГ должна быть локализована на изображении глаза или лица.

Выводы. В работе представлены результаты исследования коэффициентов Фурье полученных при обработке изображения РОГ и оценка их информативности. Полученные результаты показали, что огибающая коэффициентов Фурье достаточно информативна – имеет ярко выраженные максимумы, значительный разброс по амплитуде и имеет четкие отличия для изображений РОГ различных людей. Достоинством ОгКФ есть то, что для ее вычисления используется только пространство декартовых координат, что является естественным для обработки изображений, в работах [1-3] используется полярная система координат. Огибающая коэффициентов Фурье может быть рекомендована для использования в аутентификации по радужной оболочке глаза.

Список литературы

1. Daugman J. Biometric decision landscapes [Электронный ресурс] // *Technical Report No. TR482, University of Cambridge Computer Laboratory* Режим доступа: World Wide Web. – URL <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-482.pdf>
2. Daugman J. Demodulation by complex-valued wavelets for stochastic pattern recognition [Электронный ресурс] // *Int'l Journal of Wavelets, Multi-resolution and Information Processing*, 1(1), P. 1-17. Режим доступа: World Wide Web. – URL: <http://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/patrec.pdf>
3. Daugman J. and Cathryn Downing Epigenetic randomness, complexity, and singularity of human iris patterns [Электронный ресурс] // *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, P. 1737 - 1740. Режим доступа: World Wide Web. – URL: <http://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/roysoc.pdf>