

Исследование движения элементов радужки глаза методом оптических потоков

А.А. Костин¹, И.А. Матвеев²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук

В системах биометрической идентификации по радужной оболочке глаза большое значение имеет точное описание деформаций радужки при движениях зрачка [1]. Для построения такого описания предлагается использовать метод оптических потоков на последовательности изображений радужки.

Рассматривается задача построения оптического потока в области радужки, ограниченной предварительно найденными окружностями, аппроксимирующими границы зрачок-радужка и зрачок-склера [2]. Также принимается гипотеза радиальности [3], состоящая в том, что при изменении размера зрачка перемещения элементов радужки происходят вдоль её радиусов. Исследование проведено путем поиска оптимальных параметров алгоритма Лукаса-Канаде [4]. Искомый вектор перемещения пикселя найден как решение уравнения

$$\vec{v} = M^{-1}\vec{b}, \quad (1)$$

$$M = \begin{bmatrix} \sum_{i,j} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \sum_{i,j} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) \\ \sum_{i,j} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) & \sum_{i,j} \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$b = \begin{bmatrix} \sum_{i,j} \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\partial I}{\partial x} \\ \sum_{i,j} \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\partial I}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (3)$$

где $I(x, y, t)$ - функция интенсивности.

В качестве функционалов ошибки для проверки диаметральной противоположности перемещений симметричных относительно зрачка точек рассмотрен функционал

$$E = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\|\vec{v}_{1n} + \vec{v}_{2n}\|}{\|\vec{v}_{1n}\| + \|\vec{v}_{2n}\|},$$

оптимальное значения параметра ширины окна w вычислено как решение

задачи $w_{opt} = \arg \min_w E$. Для проверки гипотезы радиальности рассмотрен функционал

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \|\vec{v}_n - \vec{u}_n\|,$$

оптимальное значение w найдено как решение $w_{opt} = \arg \min_w L$. Результаты

вычисления функционалов E и L продемонстрированы на рис. 1.

Полученные значения рассмотренных функционалов ошибки показывают, что при значении параметра ширины рассматриваемого окна $w > 40$ погрешность перемещения составляет менее одного пикселя. Таким образом, предложенный алгоритм Лукаса-Канаде поиска оптического потока позволяет исследовать в дальнейшем перемещение элементов радужки глаза.

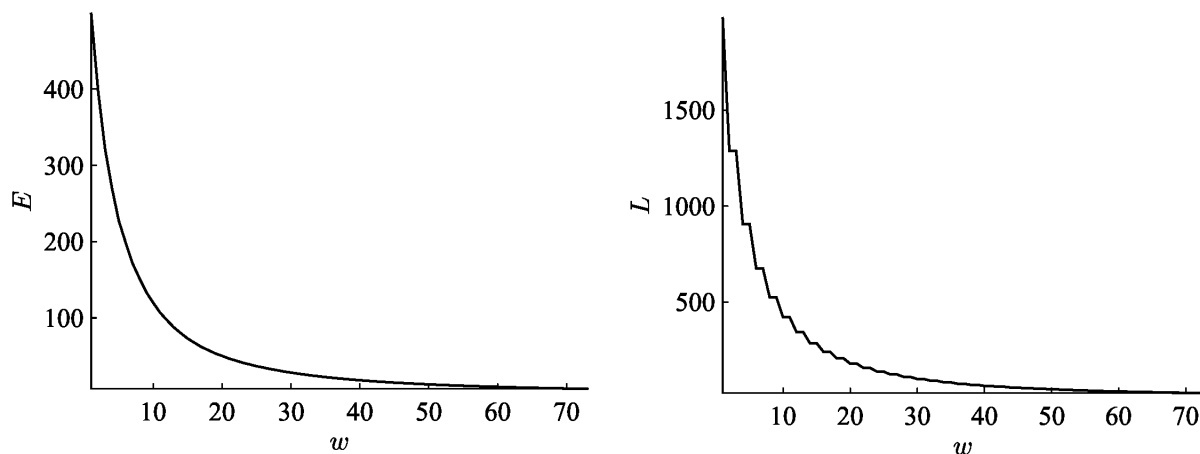


Рисунок 1. Результаты вычисления функционалов ошибки в зависимости от ширины окна w .

Литература.

1. Kerekes R., Balakrishnan N., Thornton J., Savvides M., Kumar B. V. K. V. Graphical model approach to iris matching under deformation and occlusion // CVPR. 2007. p.1–6.
2. Ганькин К.А., Гнеушев А.Н., Матвеев И.А. Сегментация изображения радужки глаза, основанная на приближенных методах с последующими уточнениями // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. №2. С.80-94.
3. А.Р. Шахнович, В.Р. Шахнович Пупиллография // Объективное исследование зрачковых реакций и движений глазных яблок. М. – 1964.
4. B.D. Lucas and et al. An iterative image registration technique with an application to stereo vision //IJCAI. – 1981. – Т. 81. – С. 674-679.