

Определение точной границы зрачка

В проблеме идентификации человека по изображению радужной оболочки глаза (радужке) важнейшую роль играет выделение области радужки на исходном снимке (сегментация радужки). Область радужки на изображении является кольцом, находящимся между двумя границами: внутренней со зрачком и внешней со склерой. Пример радужки — Рис.1.

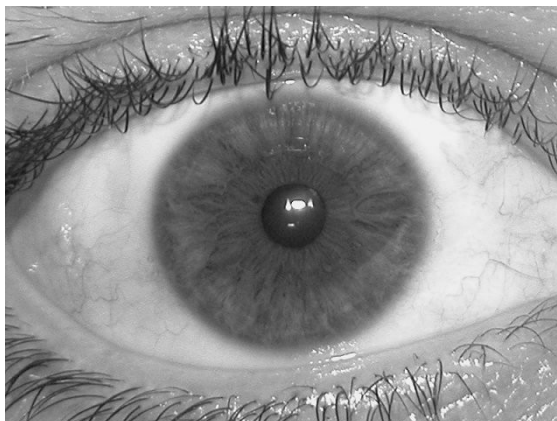


Рис.1 Изображение радужки

Существуют алгоритмы, позволяющие с большой надёжностью (то есть почти на любом изображении системы распознавания) определять окружности, приблизительно соответствующие внутренней и внешней границам радужки. Однако, ни та, ни другая границы не являются точными окружностями. Внутренняя граница радужки (т. е. граница зрачка) является округлым контуром, но её отличия по радиусу от аппроксимирующей окружности в половине случаев достигают 5% радиуса, иногда — превышают 10%. В связи с этим алгоритмы поиска границы зрачка как окружности работают неустойчиво. На Рис.2. слева и в центре показаны окружности, найденные на одном и том же изображении при незначительных вариациях стартовых данных. Неустойчивость очевидна. Однако если построить контур, соответствующий округлой неидеальной границе (т. н. *точную границу*), то он будет одинаков при любом достаточно хорошем начальном приближении. Соответственно, устойчивой является *эквивалентная окружность* — такая, что описанный ею круг имеет центр и площадь, совпадающие с центром масс и площадью фигуры, заданной точной границей. Такая окружность показана на Рис.2 справа.

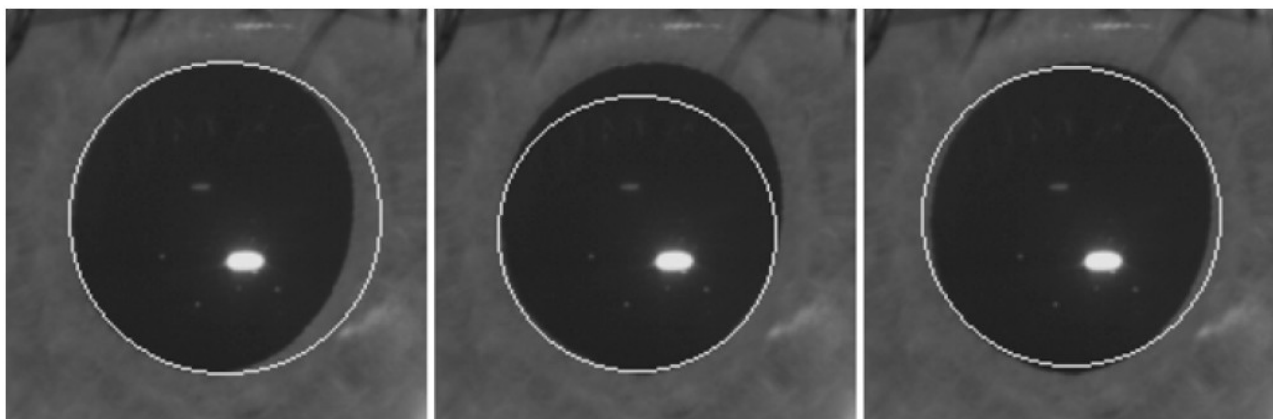


Рис.2. Различные окружности, приближающие границу зрачка

Постановка задачи

Требуется разработать метод построения устойчивых точной границы и эквивалентной окружности для зрачка глаза.

Входные данные: растровое монохромное изображение, типичный размер 640*480 пикселей (однако, возможны и другие размеры) и координаты центров и радиусы двух приближённых окружностей, аппроксимирующих зрачок (x_p, y_p, r_p) и радужку (x_I, y_I, r_I) . Требуется: найти эквивалентную окружность, заданную центром и радиусом: (x_E, y_E, r_E) и точную границу, заданную как последовательность длин радиус-векторов $\{r(\varphi)\}$, $\varphi = 0, \frac{2\pi}{N}, 2\frac{2\pi}{N}, 3\frac{2\pi}{N}, \dots, (N-1)\frac{2\pi}{N}$, где $N=360$ (мы мыслим градусами) или $N=512$ (мы любим степени двойки). Радиус-векторы откладываются от центра эквивалентной окружности.

Критерием качества алгоритма служит устойчивость найденных решений к малым вариациям исходных данных: $\|\delta_p\| < \frac{1}{5}r_p$, $\delta_p = (\delta x_p, \delta y_p, \delta r_p)$, $\|\delta_I\| < \frac{1}{5}r_I$, $\delta_I = (\delta x_I, \delta y_I, \delta r_I)$.

Предлагаемый способ решения

Один из перспективных вариантов решения — использование метода оптимального кругового пути. Схема метода:

1. Вычисляется изображение *точек-кандидатов* — то есть точек, которые возможно принадлежат границе. Это точки, которые:

- лежат в кольце кокруг приближённой окружности зрачка (*);
- имеют высокий градиент яркости, т. е. лежат на границе тёмной и яркой областей;
- направление вектора градиента яркости близко к направлению радиус-вектора из центр приближённой окружности к данной точке, т. е. граница яркой и тёмной областей проходит в данной точке перпендикулярно радиус-вектору.

На Рис. 3 показано исходное изображение и изображение точек-кандидатов.

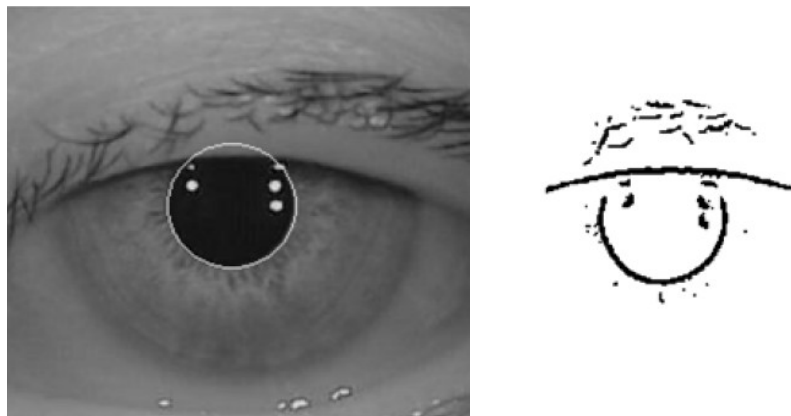


Рис.3. Исходное изображение и соответствующие точки-кандидаты.

2. Производится так называемое *полярное преобразование* изображения кандидатов — конформное преобразование кольца в прямоугольник, см Рис.4. Этот шаг введён для простоты последующей обработки. При желании он может быть опущен (т. е. обработка будет проводиться на исходном изображении в кольцеобразной области вокруг контура зрачка).

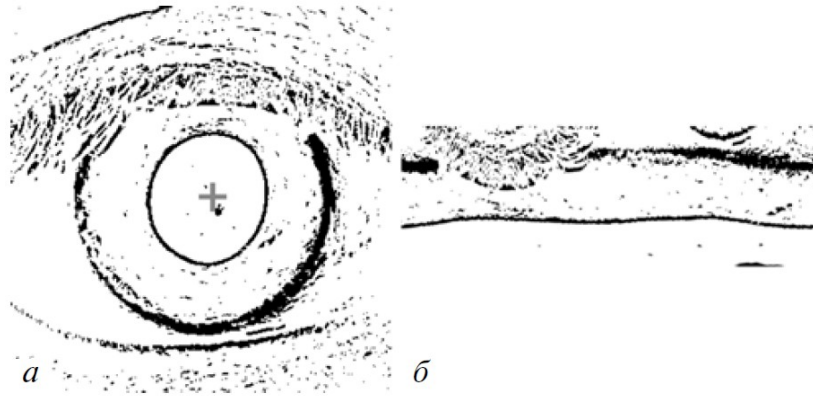


Рис.4. (а) — изображение точек-кандидатов (без ограничения (*)), (б) — полярное преобразование относительно центра, указанного серым крестом на (а).

3. На полярном представлении (координаты (ρ, φ)) ищется оптимальный путь — последовательность точек $\{(\rho_n, \varphi_n)\}_{n=0}^{N-1}$, такая что:

- последовательность соединяет левую и правую стороны прямоугольника Рис.4б;
- угловая координата каждой следующей точки возрастает на единицу $\varphi_{n+1} - \varphi_n \equiv 1$;
- радиальные координаты соседних точек не отличаются значительно $|\rho_{n+1} - \rho_n| \leq 1$;
- последовательность содержит максимальное число точек-кандидатов.

Разное

Тестовая выборка включает в себя несколько тысяч изображений баз BATH[1], CASIA [2], MMU[3], NDIRIS [4] с прилагающейся разметкой. Изображения в формате BMP.

Возможный альтернативный метод — непосредственный поиск округлого тёмного объекта в расширенном окне, заданном окружностью зрачка.

Предоставляются функции чтения изображений и разметки на языке C, функции полярного преобразования радужки.

[1] Monro D. University of Bath Iris Image Database // <http://www.bath.ac.uk/elec-eng/research/sipg/irisweb/>

[2] Chinese academy of sciences institute of automation (CASIA) CASIA Iris image database // <http://www.cb-sr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>, 2005.

[3] MMU Iris Image Database: Multimedia University // <http://pesonna.mmu.edu.my/ccteo/>

[4] Phillips P.J., Scruggs W.T., O'Toole A.J. et al. Frvt2006 and ice2006 large-scale experimental results // IEEE PAMI. 2010. V. 32. № 5. P. 831–846.

[5] К.А.Ганькин, А.Н.Гнеушев, И.А.Матвеев Сегментация изображения радужки глаза, основанная на приближенных методах с последующими уточнениями // Известия РАН. Теория и системы управления, 2014, № 2, с. 78–92.