

# Способ оценки положения центра зрачка в системе EyeTracking со свободным положением головы

Г.И. Громилин<sup>1</sup>, Н.С. Яковенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт автоматики и электрометрии СО РАН, пр. академика Коптюга 1, Новосибирск, Россия, 630090

## Аннотация

В докладе приведён способ определения центра зрачка в системе слежения за точкой фиксации взгляда оператора при ИК освещении для работы на повышенной частоте кадров камеры.

## Ключевые слова

EyeTracking, центр зрачка, точка фиксации, направление взгляда

## 1. Введение

Системы определения направления взгляда человека начинают применяться в различных областях деятельности. В технике – управление устройствами, в медицине – выявление состояния человека, в психологии – порядок осмотра сцены. Рассматриваемый вариант предназначен для управления устройствами.

Известный алгоритм нахождения зрачка и определения координат его центра Starburst [1] разрабатывался для наголовного устройства. Вариант написанный на языке MatLab работает хорошо, но медленно, порядка секунды на кадр изображения, полученного с камеры. Упрощенный вариант на C++ успевае за время кадра при частоте кадров 50 Гц, но полученные координаты зрачка сильно зашумлены.

В предлагаемом варианте используется пороговое выделение границы зрачка, требующее значительно меньших вычислительных ресурсов, и адаптивная оценка порога.

## 2. Описание алгоритма

В системе используется освещение ИК светодиодами, при котором увеличивается контраст между зрачком и радужной оболочкой. Кроме того, на роговице глаза формируются яркие блики достаточно малого размера. Поэтому из изображения лица человека можно выделить фрагменты размером чуть больше размера глаза, и обработку вести в уже найденных фрагментах. Для уменьшения потребности в вычислительных ресурсах выделение границ зрачка осуществляется пороговым отсечением.

Поскольку перепад яркостей между зрачком и радужной оболочкой небольшой, и условия освещения могут меняться, применяется адаптивный порог, корректирующийся на каждом кадре, в котором зрачок обнаружен. После вычисления значения порога на текущем кадре проводится рекурсивная фильтрация по времени (номеру кадра). При первом поиска зрачка порог оценивается перед процедурой выделения.

Затем изображение во фрагменте сечётся по порогу и выделяются контура границ областей. Из всех выделенных отбираются контура, имеющие длину границы в заданном диапазоне в зависимости от минимального и максимального размера зрачка. Устраняются выбросы граничных точек методом RANSAC [2]. Параметры эллипса уточняются методом наименьших квадратов [3].

После получения координат бликов и центра зрачка определяются трёхмерные координаты центра роговицы глаза и направление взгляда. Пересечение вектора направления взгляда с плоскостью монитора определяет точку фиксации.

### 3. Результаты

В системе определения направления взгляда использовалась полностью программируемая камера фирмы Basler с USB3 выходом и размером кадра до 1440x1080 точек. Большую часть времени кадра на используемом компьютере занимает получение изображения с камеры.

Вся обработка изображения одного кадра длится порядка 5 мс, а координаты центра зрачка получаются за время в среднем 1 мс. В зависимости от качества изображения время отсечения выбросов граничных точек по алгоритму RANSAC может значительно возрасти на некоторых кадрах, но буферизация массивов изображений разравнивает такие отклонения. Работа системы проверялась на частотах 50 Гц и 100 Гц.

Алгоритм работает как на освещённом зрачке, так и на тёмном. На освещённом зрачке работают многие алгоритмы. Мы выбрали вариант с неосвещённым зрачком, поскольку аппаратная реализация проще, не требует маленького диаметра объектива со светодиодами осветителя вокруг него.

### 4. Заключение

Предложенный алгоритм определения координат центра зрачка обеспечивает устойчивые результаты с небольшим разбросом. Проверена работа системы до частоты 100 Гц. При использовании камеры с большей пропускной способностью канала алгоритм может быть использован на более высоких частотах работы камеры.

### 5. Благодарности

Авторы благодарят коллектив КТИ ПМ СО РАН за создание аппаратуры слежения за точкой фиксации взгляда оператора и многократную адаптацию её для улучшения работы алгоритма.

### 6. Литература

- [1] Dongheng, L. Parkhurst. Starburst: A robust algorithm for video-based / L. Dongheng, J. Derrick // Ames, Iowa: Iowa State University, 2005.
- [2] Fischler, M.A. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography / M.A. Fischler, R.C. Bolles // Comm. Of the ACM. – 1981. – Vol. 24(6). – P. 381-395.
- [3] Fitzgibbon, A. Direct least square fitting of ellipses / A. Fitzgibbon, M. Pilu, R.B. Fisher // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1999. – Vol. 21(5). – P. 476-480.