

## ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Гельгинберг А.В.

Научный руководитель: Спицын В.Г.  
Томский политехнический университет

E-mail: [avg18@tpu.ru](mailto:avg18@tpu.ru)

### Введение

Задача отслеживания местоположения человека на видеопоследовательности (трекинг) - представляет значительный интерес в области компьютерного зрения. В большинстве случаев на одном кадре присутствуют несколько движущихся объектов, поэтому при построении траектории движения следует различать каждый из них. Для этого ведется последовательный анализ каждого кадра, где необходимо идентифицировать движущийся объект, как человека.

В данной работе предлагается использовать сочетание метода оценки движения на основе оптического потока и детектирования лица для идентификации человека на видеопоследовательности.

### Локализация областей движения

В качестве основы для определения движущегося объекта, как человека был выбран алгоритм Виолы-Джонса [1], использующий вейвлеты Хаара в качестве исходного набора признаков для определения лиц. Алгоритм был выбран за лучшие показатели в плане соотношения эффективности распознавания и скорости работы. Для построения трека, используются такие параметры, как изображение лица  $I_{f_{i,j}}$ , положение лица в кадре  $R_{f_{i,j}}$ , номер кадра  $i$ , номер лица в кадре  $j$ .

Положение лица в кадре  $R_{f_{i,j}}$  представлено набором из двух точек  $p1(x1,y1)$ ,  $p2(x2,y2)$ , описывающих координаты верхней левой и нижней правой точек прямоугольника.

Для слежения за положением лица предполагается, что объекты в следующем кадре незначительно меняют свою позицию. Найденное изображение лица принадлежит к треку  $Tr$ , если точка центр  $p_c$  прямоугольника  $R_f$  лица  $F_{c(i,j)}$  принадлежит области прямоугольника  $R_f$  лица  $F_{c(i-1,j)}$ , найденного на предыдущем кадре и принадлежащего треку  $Tr$  (рис.1).

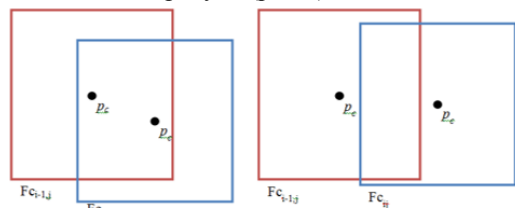


Рис.1. Фокусировка трекинга лица

### Оптический поток

В основе понятия оптического потока лежит предположение о том, что при изменении положения конкретного пикселя от кадра к кадру его яркость и интенсивность не меняются, а ближайшие точки, принадлежащие одному объекту, в плоскости изображения двигаются с одинаковой скоростью [2].

Обозначим яркость пикселя  $I(x,y,t)$  с координатами  $(x,y)$  в момент времени  $t$ , тогда уравнение потока в момент времени  $t+\Delta t$  записывается следующим образом:

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t), (1)$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  - смещение конкретного пикселя на новом кадре,  $\Delta t$  - изменение времени.

Линеаризация уравнение (1) путем применения разложения в ряд Тейлора первого порядка к правой части дает приближение:

$$I(x, y, t) = I(x, y, t) + \Delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial I}{\partial t}; (2)$$

Поскольку за небольшой промежуток времени пиксель смещается незначительно, уравнение (2) записывается в виде:

$$\Delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial I}{\partial t} = 0; (3)$$

Уравнение (3) называется уравнением оптического потока. С каждым пикселем изображения связан некоторый вектор скорости, определяющий, какое расстояние прошел пиксель в течение временного промежутка между предыдущим и текущим кадрами. На основе уравнение (3) строится вектор скорости пикселя:

$$\left( \frac{\Delta x}{\Delta t}, \frac{\Delta y}{\Delta t} \right) = (u, v), (4)$$

где  $u, v$  - координаты вектора скорости. Уравнение (4) содержит две неизвестные и представляет собой оптический поток.

### Алгоритм Лукаса-Канаде

Алгоритм Лукаса-Канаде [3] - один из самых широко используемых дифференциальных методов, применяющихся для вычисления оптического потока. Уравнение (3) содержит две неизвестные и не может быть однозначно решено. Алгоритм Лукаса-Канаде обходит неоднозначность за счет использования информации о соседних пикселях в каждой точке. Согласно предположению, что в локальной окрестности  $(x,y)$  каждого пикселя  $p$  значение оптического потока одинаково, то получаем систему (5) из  $N$  уравнений:

$$\begin{cases} \nabla I(u, v)(p_1) = -I_t(p_1) \\ \nabla I(u, v)(p_2) = -I_t(p_2) \\ \dots \\ \nabla I(u, v)(p_N) = -I_t(p_N) \end{cases} \quad (5)$$

Запишем систему (5) в матричном виде:

$$Ad=b, \quad (6)$$

где  $A$  – матрица градиента для всех пикселей,  $d$  – вектор смещения,  $b$  – вектор изменения цвета для всех точек окрестности. Решение уравнения (5) находится с помощью метода наименьших квадратов. Плюсы метода Лукаса-Канаде в его нечувствительности к шуму и локальности, что позволяет искать поток в совершенно любой точке. Для улучшения быстродействия метода при обработке кадров можно использовать пирамидальную структуру изображений. Она представляет собой упорядоченно последовательность изображений изменяющегося разрешения, располагаемых друг за другом (рис.2). Поиск оптического потока выполняется от более мелких изображений к более крупным, в результате чего отсекаются сегменты, в которых не происходит движения.

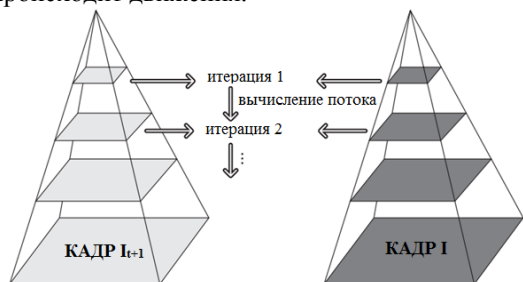


Рис.2. Пирамиды с несколькими уровнями разрешения

### Алгоритм решения задачи

Приведем общий принцип работы описанных выше методов применительно для задачи отслеживания лица (рис.3):

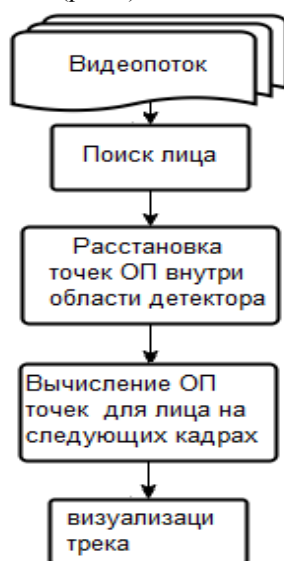


Рис.3. Упрощенная схема работы алгоритма отслеживания лица человека

Как видно из рисунка 3 алгоритм работает с потоковым видео, которое описывается как последовательность входных кадров  $I_1, I_2 \dots I_n$ .

Детектор на стадии «Поиск Лица» фиксирует найденное лицо и выделяет его красным прямоугольником.

На следующей стадии алгоритм в пределах найденного многоугольника расставляет набор зелёных точек, описывающих объект слежения для вычисления оптического потока в заданной области.

На следующем кадре смещение набора точек вычисляется с помощью описанного ранее метода Лукаса-Канаде, что позволяет не потерять объект, даже при условии, что детектор на этом кадре лицо не определил. В случае обнаружения лица, внутри области детектора так же обновляется и весь набор точек, а старые убираются.

На последнем этапе визуализируется трек отслеживаемого лица (рис.4).

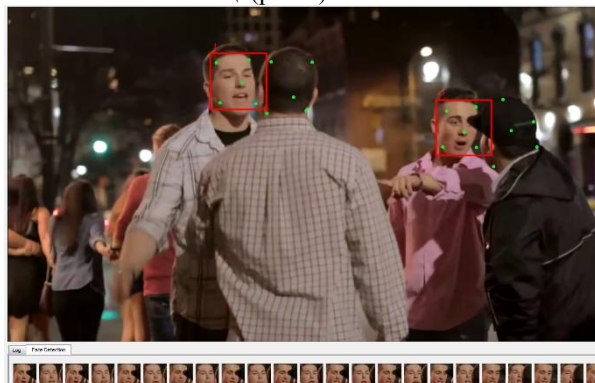


Рис.4. Результат работы алгоритма

### Заключение

В данной работе был реализован и протестирован алгоритм трекинга лица человека с применением оптического потока. В качестве метода локализации области лица, был предложен и реализован алгоритм трекинга с использованием лицевого детектора, который отвечает за нахождение области лица и проставлению на ней набора вспомогательных точек, оптический поток которых на последующих кадрах вычисляется методом Лукаса-Канаде.

### Литература

1. Viola P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features/ P. Viola, M.J. Jones//proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR 2001). -2001. – P.511-518.
2. Baker S. A Database and Evaluation Methodology for Optical Flow/S. Baker, D. Scharstein, J.P. Lewis//Computer Vision, № 92, November 30 2010. – P. 1-31.
3. Bourguet J.Y. Pyramidal Implementation of the Lucas-Kanade Feature Tracker Description of the algorithm//Intel Corporation Microprocessor Research Labs.-2004. – P. 1-9.